

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Mecànica**

# **ELECTRIFICACIÓ D'UNA MOTO DE COMBUSTIÓ**



## **Memòria i annexos**

<b>Autor:</b>	Arnau Parareda Pujolràs
<b>Director:</b>	Benito Javier Luzón Narro
<b>Convocatòria:</b>	MAIG 2019



# Resum

En el present treball s'ha realitzat un estudi de com modificar una moto de combustió de 50cc, ja existent el mercat, i convertir-la en una motocicleta elèctrica.

Per fer-ho, s'ha fet un redisseny de la moto Piaggio Liberty de combustió intentant modificar el mínim la seva composició inicial.

S'ha fet una breu introducció de les aplicacions del motor elèctric, les bateries i el possible dimensionament electrònic que necessitaríem pel nostre prototip de moto elèctrica.

El gruix important del treball es centra en tres blocs: buscar el motor elèctric que encaixi millor en el nou producte, creació de la base de dades que ens permeti veure com reaccionarà el nostre producte en comparativa als valors desitjats d'una moto de combustió de 50cc i, un cop definit el nostre motor, fer l'estudi de les forces que actuarien sobre el xassís.

Per fer aquest darrer punt hem utilitzat el programa CREO Paramètrics on s'ha fet un dimensionament de la motocicleta de combustió inicial i dos dimensionaments possibles del nou producte. La diferència entre els dos nous dimensionaments de la motocicleta elèctrica és la variació en la posició del pac bateries.

L'extracció dels resultats del dimensionament ens han ajudat a veure la viabilitat del canvi del producte de combustió a l'elèctric.

# Resumen

En el presente trabajo se ha realizado un estudio de cómo modificando una moto de combustión de 50cc, ya existente el mercado, y convertirla en una motocicleta eléctrica.

Para hacerlo, se ha hecho el rediseño de la moto Piaggio Liberty de combustión intentando modificar el mínimo su composición.

Se ha hecho una breve introducción de las aplicaciones del motor eléctrico, las baterías y el posible dimensionamiento electrónico que necesitaríamos para nuestro prototipo de moto eléctrica.

La parte importante del trabajo se centra en tres bloques: buscar el mejor motor eléctrico que encaje en nuestro producto, creación de la base de datos que nos permita ver cómo reaccionará nuestro producto en comparativa con los valores deseados de una moto de combustión de 50cc y, una vez definido nuestro motor, hacer el estudio de las fuerzas que actuarían sobre el chasis.

Para hacer este último punto hemos utilizado el programa CREO Paramétricos donde se hizo un dimensionamiento de la motocicleta de combustión inicial y dos dimensionados posibles del nuevo producto. La diferencia entre los dos nuevos dimensionados de la motocicleta eléctrica es la variación en la posición del pac baterías.

La extracción de los resultados de este dimensionamiento nos han ayudado a ver la viabilidad del cambio del producto de combustión a eléctrico.



# Abstract

In the present paper, a study of how to modify a 50cc combustion motorcycle, already existing in the market, and convert it into an electric motorcycle has been done.

To do this, a redesign of the combustion Piaggio Liberty motorcycle has been done, trying to minimize the changes on its initial composition.

We have made a brief introduction of the electric motor applications, the batteries and the possible electronic dimensioning that we would need for our electric motorcycle prototype.

The main part of the paper is focused on three blocks: look for the electric motor that best fits in the new product, create the database that allow us to check how our product will react in comparison to the desired values of a 50cc combustion motorbike and, once our motor had been defined, study the forces that would act above the chassis.

To do this last point we have used the CREO Parametric program where a dimensioning of the initial combustion motorcycle and two possible dimensioning of our new product have been done. The difference between the two new dimensioning of the electric motorcycle is the pack batteries position variation.

The extraction of the dimensioning results has helped us to see the viability of the change from the combustion product to the electric.

# Índex

<b>RESUM</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>11</b>
1.1 Motivació per fer el projecte	11
1.2 Objectiu del projecte	12
1.3 Abast del treball	12
<b>2. ANTECEDENTS</b>	<b>13</b>
2.1. Normativa d'homologació dels diferents vehicles	13
2.2. Antecedents del cotxe elèctric	14
2.3. Antecedents de la moto elèctrica	16
2.4. Tipus de motor elèctric i elecció	17
2.5. Síntesi del motor seleccionat pel nostre estudi	23
2.6. Història de les bateries i emmagatzematge de l'energia	24
2.7. Caracterització i classificació actual de les bateries	26
2.8. Prestacions necessàries de les bateries en motos	28
2.9. Electrònica de potència	30
2.9.1. Conceptes electrònics a tenir en compte	30
2.9.2. Tipus de simulació a dur a terme en una moto elèctrica	30
<b>3. ENQUESTA DE CONCEPTUALITZACIÓ SOCIAL DEL VEHICLE ELÈCTRIC</b>	<b>33</b>
<b>4. DIMENSIONAMENT TEÒRIC DE LA MOTO ELÈCTRICA.</b>	<b>36</b>
4.1. Anàlisi DAFO de les motos elèctriques	36
4.2. Anàlisi de diferents models de motos elèctriques	38
4.2.1. Anàlisi: BMW C Evolution	38
4.2.2. Anàlisi: Empulser	40
4.2.3. Anàlisi: Bereco Voltio	42
4.2.4. Anàlisi: Vespa Elèctrica	43
<b>5. SIMULACIONS DEL SISTEMA.</b>	<b>45</b>
5.1. Paràmetres tècnics de la moto	45
5.2. Càlculs a realitzar per dimensionar el nostre estudi de moto elèctric	47

5.2.1. Plantejament de l'estudi.....	48
5.2.2. Dades extretes de l'estudi .....	54
5.2.3. Resultats de la primera hipòtesi: Radi.....	55
5.2.4. Resultats de la segona hipòtesi: Pes.....	58
5.2.5. Resultats de la tercera hipòtesi: Acceleració .....	59
5.2.6. Resultats de la quarta hipòtesi: Pendent .....	61
5.3 Estudi del nou disseny de la moto amb CREO paramètrics .....	67
5.4. Càlcul del pac de bateries a instal·lar .....	68
5.5. Redisseny de la moto, tenint en compte la mecànica i centre de gravetat amb la instal·lació del motor i bateries. ....	69
5.5.1. Presentació de la moto elèctrica dimensionada amb CREO.....	69
5.5.2. Presentació de la mateixa moto elèctrica però amb combustió a CREO .....	72
5.5.3. Anàlisi dels dos dimensionaments .....	74
5.6. Resultat: característiques tècniques de millora .....	93
5.6.1. Característiques tècniques extretes de l'estudi realitzar.....	93
5.6.2 Característiques tècniques del producte final: Piaggio Liberty Elèctrica .....	95
<b>6. ESTUDI ECONÒMIC: REALITZACIÓ D'UN PROTOTIP .....</b>	<b>97</b>
<b>7. IMPACTE AMBIENTAL .....</b>	<b>101</b>
<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>103</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>108</b>
<b>BIBLIOGRAFIA D'IMATGES. ....</b>	<b>115</b>
<b>ANNEXOS .....</b>	<b>117</b>
ANNEX A: Fitxa tècnica Piaggio Liberty 50cc [66] .....	117
ANNEX B: Dimensionament teòric del motor a roda.....	119
B.1 Taula: Variació de radi .....	119
B.2 Taula: Variació pes .....	120
B.3 Taula: Variació temps I/II .....	121
B.4 Taula: Variació temps II/II .....	123
B.5 Taula: Variació pendent I/II .....	124
B.6 Taula: Variació pendent II/II .....	125
ANNEX C: Plantilla Enquesta.....	126
ANNEX D: Plantilla de resistència al rodament .....	127

# Índex fotogràfic

Il·lustració 1: Fotografia del cotxe més ràpid el 1899 [I] .....	15
Il·lustració 2: Imants permanents de l'estator [II] .....	18
Il·lustració 3: Bobinat de l'estator [III] .....	19
Il·lustració 4: Rotor d'imants permanents [IV] .....	19
Il·lustració 5: Rotor de bobinat de coure amb conglomerat de xapes de ferro [V] .....	20
Il·lustració 6: Visualització del col·lector en el rotor [VI] .....	21
Il·lustració 7: Representació del conjunt de rotor, estator i escombretes [VII] .....	21
Il·lustració 8: Interior d'un motor brushless [VIII] .....	22
Il·lustració 9: Motor brushless instal·lat a una roda [IX] .....	24
Il·lustració 10: La primera pila d'Alessandro volta [X] .....	25
Il·lustració 11: Interior d'una bateria actual d'ió liti (li-ion) [XII] .....	27
Il·lustració 12: Interior de la pila de Volta [XI] .....	27
Il·lustració 13: Representació del control electrònic .....	31
Il·lustració 14: Diagrama dels resultats de la primera enquesta .....	34
Il·lustració 15: Diagrama dels resultats de la segona enquesta .....	34
Il·lustració 16: BMW C Evolution [XIII] .....	40
Il·lustració 17: Empulser [XIV] .....	41
Il·lustració 18: Beroca Voltio [XV] .....	43
Il·lustració 19: Vespa elèctrica [XVI] .....	44
Il·lustració 20: Anàlisi dinàmic d'una motocicleta en pendent .....	49
Il·lustració 21: Anàlisi estàtic del motor a roda .....	51
Il·lustració 22: Gràfic variació del radi vs. parell .....	56
Il·lustració 23: Gràfic variació del radi vs. velocitat angular .....	56
Il·lustració 24: Gràfic variació del pes vs. potència .....	58
Il·lustració 25: Gràfic variació del pes vs. parell .....	59
Il·lustració 26: Gràfic variació del temps vs. parell .....	60
Il·lustració 27: Gràfic variació del temps vs. potència .....	60
Il·lustració 28: gràfic variació del temps vs. parell .....	61
Il·lustració 29: Gràfic variació del pendent vs. parell .....	62
Il·lustració 30: Gràfic variació del pendent vs. potència .....	63
Il·lustració 31: Gràfic variació del pendent vs. velocitat .....	63
Il·lustració 32: Gràfic variació del pendent vs. parell .....	64
Il·lustració 33: Gràfic variació del pendent vs. velocitat .....	65
Il·lustració 34: Gràfic variació del pendent vs. potència .....	65
Il·lustració 35: Representació de la moto elèctrica primera opció .....	70

Il·lustració 36: Representació de la moto elèctrica segona opció.....	70
Il·lustració 37: Representació de la moto elèctrica primera opció. Sense carcassa .....	71
Il·lustració 38: Representació de la moto elèctrica segona opció. Sense carcassa.....	71
Il·lustració 39: Representació de la moto de combustió.....	73
Il·lustració 40: Representació de la moto de combustió sense carcassa .....	73
Il·lustració 41: Dades extreteres del dimensionament en creu de la moto elèctrica primera opció .....	75
Il·lustració 42: Dades extreteres del dimensionament en creu de la moto elèctrica segona opció.....	75
Il·lustració 43: Dades extreteres del dimensionament en creu de la moto de combustió.....	76
Il·lustració 44: Forces aplicades al xassís en la moto de combustió.....	78
Il·lustració 45: Dades extreteres del dimensionament en creu de la moto de combustió.....	78
Il·lustració 46: Dades extreteres del dimensionament en creu de la moto de combustió.....	79
Il·lustració 47: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 1 .....	80
Il·lustració 48: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 2 .....	81
Il·lustració 49: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 3 .....	81
Il·lustració 50: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 4 .....	82
Il·lustració 51: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 5 .....	82
Il·lustració 52: Desplaçaments de la primera opció de moto.....	83
Il·lustració 53: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 1 .....	84
Il·lustració 54: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 2 .....	85
Il·lustració 55: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 3 .....	85
Il·lustració 56: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 4 .....	86
Il·lustració 57: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 5 .....	86
Il·lustració 58: Desplaçaments de la segona opció de moto elèctrica .....	87
Il·lustració 59: Resultats d'esforços de la moto de combustió 1.....	88
Il·lustració 60: Resultats d'esforços de la moto de combustió 2.....	89
Il·lustració 61: Resultats d'esforços de la moto de combustió 3.....	89
Il·lustració 62: Resultats d'esforços de la moto de combustió 4.....	90
Il·lustració 63: Desplaçaments de la moto de combustió .....	91
Il·lustració 64: Vinclament del xassís en el moment de fallada.....	92
Il·lustració 65: Plantilla de resistència al rodament [XVII] .....	127

## Índex de Taules

Taula 1: Comparativa de bateries .....	29
Taula 2: Taula de paràmetres fixes .....	54
Taula 3: forces que actuen en el xassís .....	77
Taula 4: Esforços en MPa de la primera opció de moto elèctrica .....	80
Taula 5: Desplaçaments de la primera opció de moto elèctrica .....	83
Taula 6: Esforços en MPa de la segona opció de moto .....	84
Taula 7: Desplaçaments de la segona opció de moto elèctrica .....	87
Taula 8: Esforços en MPa de la moto de combustió .....	88
Taula 9: Desplaçaments de la moto de combustió.....	90
Taula 10: Pressupost realització del prototip .....	99

## Índex d'equacions

Equació 1: Segona equació de Newton .....	48
Equació 2: Equació general del fregament .....	49
Equació 3: Relació trigonomètrica del sinus .....	50
Equació 4: Relació en la direcció Horitzontal.....	50
Equació 5: Equació general del fregament en relació la massa .....	51
Equació 6: Relació de la força necessària per moure tot el sistema .....	51
Equació 7: Increment a la $F_s$ que s'ha de produir perquè hi hagi moviment .....	51
Equació 8: Relació de la força necessària igualada a una acceleració per moure el sistema.....	51
Equació 9: Força necessària per moure el sistema amb una acceleració .....	51
Equació 10: Relació de la força necessària a la roda .....	52
Equació 11: Parell necessari a subministrar a la roda sense acceleració.....	52
Equació 12: Parell necessari subministrar a la roda amb acceleració.....	52
Equació 13: Parell necessari a subministrar a la roda sense acceleració .....	53
Equació 14: Pendent màxim.....	53
Equació 15: Pendent màxim en %.....	53
Equació 16: Pendent màxim en % mantenint una acceleració .....	53
Equació 17: Velocitat lineal en relació al número de cicles $n$ i el radi.....	53
Equació 18: Potència subministrada per un parell i uns cicles donats .....	53

# 1. Introducció

Aquest projecte neix motivat per les noves implementacions dels últims anys en el sector de l'automoció.

Actualment s'està vivint una època de grans canvis en el sector industrial automobilístic, passant d'un motor de combustió amb unes directius molt marcades, estudiades i automatitzades a una nova tecnologia com són els motors elèctrics.

Aquest gran canvi en la manera d'entendre i concebre l'interior dels nostres transports ha vingut donat per diferents factors; per un costat, la sensibilització de la societat amb el medi ambient, cada dia més creixent, però sobretot per la forta demanda de mitjans de transport que ha portat a la situació d'esgotar les principals explotacions petrolieres del planeta i ha desencadenat diferents crisis econòmiques pel preu del barril.

Tot això ha fet que, cada cop més, es busqués amb més motivació una solució, o alternativa, al motor de combustió i, en conseqüència, la disminució de l'ús de la gasolina, buscant alternatives híbrides. Aquests canvis han suposat grans inversions en el sector de l'automoció per tal de cercar una possible solució al model actual de manera que pogués arribar a ser accessible a la classe mitjana, amb un preu raonablement competent.

## 1.1 Motivació per fer el projecte

La principal motivació per fer el projecte és poder veure, entendre i analitzar com pot canviar un producte que porta un tipus de motor a un altre i, més concretament, com podem adaptar un producte existent, redissenar-lo i readaptar-lo a les necessitats futures.

Considero molt interessat el que vindrà en els pròxims anys en automoció. Crec que és un gran canvi per la societat actual i aportarà grans evolucions, des de la reducció de la contaminació del planeta, fins a investigar per obtenir noves i millors tecnologies que facilitin la mobilitat de la societat. A més, cal destacar també el gran impacte econòmic que tots aquests canvis suposaran, ja que el sector de la indústria automobilística té un gran poder i mou molt capital econòmic.

## 1.2 Objectiu del projecte

En el treball podrem veure una breu pinzellada sobre el context històric del motor elèctric i la seva evolució fins al dia d'avui.

L'objectiu del treball és demostrar teòricament, a partir dels càlculs necessaris, que un producte amb motor elèctric pot mantenir les mateixes característiques i prestacions tècniques que el seu producte homòleg amb motor de combustió. Plantejarem el redisseny d'una motocicleta Piaggio Liberty 50cc del 2016 de combustió, a motor elèctric a roda (brushless).

## 1.3 Abast del treball

Realitzarem una anàlisi del motor elèctric que volem implementar i un estudi sobre l'ubicació òptima per la seva implementació. Tot seguit, estudiarem com implementar-lo. Aquesta fase ens donarà unes dades i resultats que conformaran el gruix del treball.

Un cop tinguem aquesta anàlisi realitzada, dimensionarem i buscarem els canvis mecànics que patirà, tenint en compte els nous centres de gravetat i les noves dimensions de la motocicleta, per tal d'ajustar i millorar tècnicament el producte.

Finalment, es farà la comparativa entre el nivell de prestacions tècniques de la moto de partida de combustió i la nova moto elèctrica per tal de comprovar que es poden aconseguir equiparar.

Aquest projecte es quedarà en la fase de càlcul mecànic teòric i pressupostat d'elaboració del prototip. No arribarem a la producció del producte ja que requereix una inversió econòmica considerable. A més, en les conclusions esmentarem les possibles següents fases que el projecte podria assolir per tal d'aconseguir la comercialització del producte.



## 2. Antecedents

En aquest apartat farem una breu introducció sobre la història i evolució del motor elèctric a la vegada que analitzarem les dues parts fonamentals per desenvolupar el projecte de la motocicleta elèctrica: motor elèctric i pac de bateries.

### 2.1. Normativa d'homologació dels diferents vehicles.

Els vehicles elèctrics - com els de combustió - estan obligats a complir amb les homologacions, normatives europees i decrets lleis establerts per poder circular i ser comercialitzats.

Per aquest motiu, hem de ser conscients del que volem plantejar. Si creem un producte nou, hem de tenir en compte el compliment de les normatives i homologacions establertes per tal que la nostra motocicleta elèctrica pugui circular. En canvi, si agafem un producte ja existent i li fem una modificació, la normativa o reals decrets serà uns altres i haurem de comprovar quins apartats de la directiva [2] ha de complir perquè el nostre vehicle pugui ser homologat i per tant, pugui circular.

Si es tracta de fer una modificació important a un vehicle, haurem de verificar que els canvis efectuats complexin amb el Real Decret 736/1988 de 08-07-1988, [1] a més de comprovar com s'ha d'homologar aquest vehicle.

En el cas que ens ocupa en aquest treball, el que voldrem homologar serà una motocicleta, per tant, haurem d'anar al Real Decret 2140/1985 de 09-10 [2] per comprovar com fer l'homologació, quins punts s'han de complir i quin punt podem complir parcialment. Paral·lelament, també haurem de tenir en compte el Real Decret 2028/1986, de 06-06-1986, [3] que empara les normes sobre l'aplicació de determinades directives de la CE.

A més, hem de tenir present que aquesta homologació va lligada a un ciclomotor amb les limitacions de velocitat, de potència i d'intensitat o cilindrada acordes, així doncs, en el cas de l'homologació d'una motocicleta elèctrica, no tindrem una cilindrada sinó una potència superior als 4000 Wats.

A més a més, haurem de mirar que el motor que instal·lem compleixi amb les normatives dins dels paràmetres marcats per la normativa europea, ja que com hem dit, sinó la passa, l'empresa afectada no podria comercialitzar el producte.

## 2.2. Antecedents del cotxe elèctric

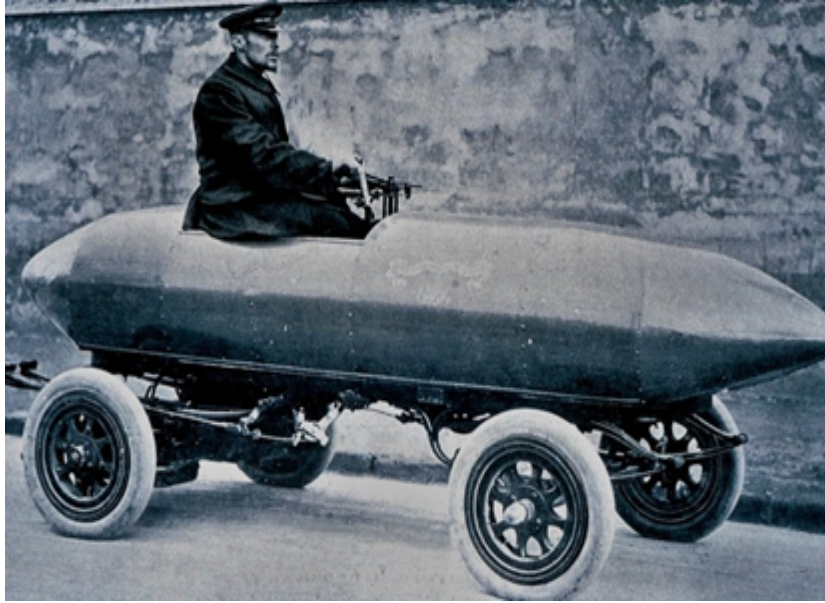
En quin moment comença el motor elèctric? Quines són les inquietuds del moment per iniciar la investigació en aquest camp?

Si ens remuntem 200 anys enrere, podem veure com el 1821, Michael Faraday, va construir dos aparells per produir el que ell denominava “la rotació electromagnètica” i, sota aquest mateix títol, va publicar els resultats del seu treball [4]. En realitat, en el seu estudi trobem el que avui coneixem com a motor elèctric.

Més endavant, el 1839, Robert Anderson, un empresari escosès, inventa el primer "cotxe" elèctric de la història.

Aquest, consistia, bàsicament, en un carruatge sense cavalls i amb un motor elèctric. Aquest vehicle arribava a uns 6km/h i portava una pila d'energia no recarregable perquè, en aquell moment, encara no existia, no serà fins el 1859 que s'inventa la pila recarregable. [4], [5], [6]

Amb l'aparició de la pila recarregable, va ser quan es van començar a fabricar els primers cotxes elèctrics en cadena. El 1899 es crea el cotxe elèctric més ràpid de la terra amb un rècord de 105 Km/h (veure il·lustració 1). L'evolució del cotxe elèctric a principis del segle XX guanyava clarament al de combustió, robust, sorollós i incòmode d'arrencar. Fins al punt que, després de les innovacions de Thomas Edison amb les bateries recarregables de níquel-ferro, el mercat arriba al 90% de cotxes elèctrics a Estats Units assolint una velocitat màxima de 130km/h [8]



*Il·lustració 1: Fotografia del cotxe més ràpid el 1899 [1]*

Després d'això, apareixerà Henry Ford amb la seva empresa automobilística Ford, on implantarà el sistema de producció en cadena, aconseguint que el cotxe de combustió abarateixi molts costos i augmentant molt considerablement la seva producció. A més, l'any 1913, l'empresa Cadillac introdueix el sistema d'arrancada integrat en els cotxes de combustió, fet que provoca que la societat es decanti dràsticament pels automòbils de combustió. A més a més, el món viu uns anys d'or amb els carburants i el seu preu disminueix, això fa que emplenar un dipòsit de gasolina sigui molt econòmic. [9]

S'inverteix en investigació, comoditat i fiabilitat dels models dels cotxes de combustió. Aquestes inversions van lligades a l'inici de la primera guerra mundial l'any 1914, la qual necessita automòbils fiables i robustos, la millor opció en aquell moment són els de combustió.

A això, s'hi suma el fet que els governs inverteixen molts diners en les empreses d'automoció per tal que es dissenyin cotxes que compleixin les seves necessitats i usos militars, provocant que es pugui investigar molt en la seva millora.

Aquests avanços fan que el cotxe elèctric quedi en segon pla i que el motor de combustió agafi el paper principal en el sector del transport i la mobilitat.

El motor elèctric queda oblidat fins a la dècada dels 70 i 80 del segle XX. Després de les crisis del petroli del 1973, moltes empreses comencen a veure que de cares al futur s'haurà de buscar una alternativa al motor de combustió que es coneix fins al moment, ja que el petroli té data de caducitat. [10]

Els següents 20 anys comencen a aparèixer els cotxes híbrids, de gas o completament elèctrics que conviuen amb els motors de combustió. Paral·lelament, diferents governs es començaran a interessar i invertir en investigació per treballar amb la tecnologia necessària per facilitar la industrialització d'aquests nous cotxes, complint amb les noves expectatives i preocupacions pel futur de la societat: especialment en el vessant medioambiental buscant aconseguir una reducció en les emissions.

## 2.3. Antecedents de la moto elèctrica

Si fem una retrospectiva i mirem l'evolució de la motocicleta podrem veure que les primeres motocicletes o, el primer concepte de motocicleta que hi ha, data del 1867. Aquesta, en aparença, era similar a una moto convencional, però estava accionada per vapor a través d'un motor de cilindres de vapor. Uns anys més tard, el 1885, s'inventa la primera motocicleta amb un quadre de xassís on s'instal·la un motor de combustió interna que permetia moure's a una velocitat màxima de 18km/h. [12]

A final de la dècada dels 80 comencem a trobar diferents motocicletes que ja es comencen a fabricar pensant en utilitats quotidianes, encarades al consumidor, i no només a la investigació.

Paral·lelament al desenvolupament de les noves motocicletes de combustió, el 1895 tenim registrada la primera patent de bicicleta amb motor elèctric. El principal problema que es té en aquell moment amb l'intent de crear una motocicleta elèctrica és que les bateries no tenen gaire autonomia i tampoc són ràpides de carregar.

En la branca de combustió, el 1900 sortiran els primers models de scooter de les mans del seu creador, el francès Georges Gauthier.[12]

Pel que fa a la moto elèctrica, es continuarà investigant el concepte, però no serà fins a finals dels 90 que tindrem més motos elèctriques. El 1996, la casa Peugeot fa la primera producció en sèrie d'una moto elèctrica [13]. En l'actualitat, trobem varies marques comercials que ofereixen un ventall molt ampli en quan a models de motos elèctriques. En l'entrada del nou segle, ja són molts els fabricants que estan interessats en aquest nou producte i comencem a tenir moltes ressenyes de diferents motos produïdes. El 2009 tenim la primera cursa de motos elèctriques, per tant, ja tenim un producte molt consolidat.

En l'actualitat, tenim una gamma molt extensa de motos elèctriques. Des de motos per ciutat, de 49 i 125cc, o motos amb cilindrada o potència més elevada pensades per carretera. [13], [14]

## 2.4. Tipus de motor elèctric i elecció

Un motor és una màquina que transforma l'energia elèctrica en mecànica. Aquest procés es fa mitjançant un cap magnètic induït. Aquest procés es fa al seu interior mitjançant un estator que crea impulsos magnètics a un rotor, que gira i crea un moviment. Aquest moviment de rotació es transmet en un eix que va connectat a una aplicació per transmetre el moviment i crear una força mecànica.

Si mirem els tipus de motors elèctric que tenim, els podem dividir en dos grans grups: motors de corrent continu (CC) i motors de corrent altern (AC).

Els motors AC, els podem subdividir en motors síncrons i assíncrons que, com el seu nom indica, són motors que venen sincronitzats o dessincronitzats de la freqüència de corrent que se'ls hi subministra.

Dins dels motors de corrent altern, també els tenim dividits per el número de fases d'alimentació. Trobem els motors monofàsics, bifàsics o trifàsics. En el cas del motors de corrent continu, només tenim en monofàsics. [15]

A continuació, ens centrarem en els motors de corrent continu. En ells farem una breu pinzellada de com estan compostos i, en especial, ens centrarem en el tipus de motor que volem utilitzar pel nostre projecte.

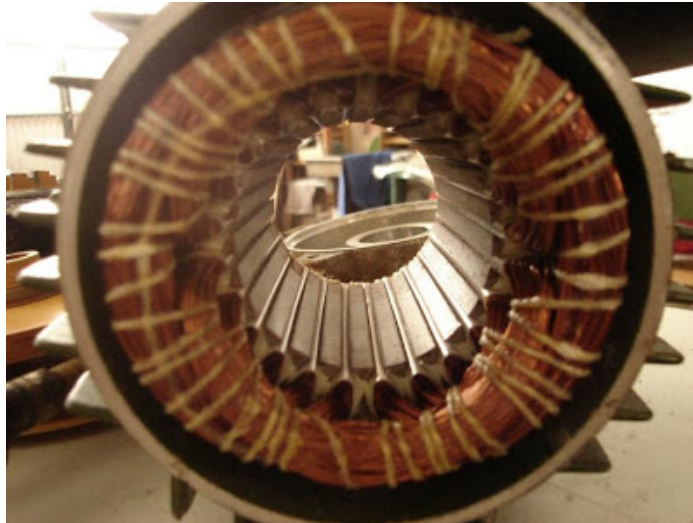
Dins d'aquests, podem diferenciar una gran varietat de motors. Ens centrarem en explicar com està creat un motor de corrent continu, sense entrar en la part més elèctrica i, següentment, passarem a explicar quin tipus de motor volem pel nostre projecte, què el diferencia de la resta i el perquè l'hem triat.

Els motors de corrent continu estan compostats per dos parts fonamentals: un estator, que és la part fixa del nostre motor i un rotor, que és la part mòbil.

Comencem analitzant l'estator, que és on trobarem els pols. Aquests els podem trobar en forma d'imants permanents o en forma de bobinat de fil de coure sobre xapa de ferro. A continuació podem veure dos imatges de dos estators, una amb imants permanents i l'altre amb bobinat.



*Il·lustració 2: Imants permanents de l'estator [II]*



*Il·lustració 3: Bobinat de l'estator [III]*

Com podem veure, mentre que el primer està format per dos imants, un pol nord i un pol sud. El segon està format per un bobinat amb un conglomerat de xapa, que al aplicar-hi l'electricitat crearà el camp magnètic.

Si observem el rotor, podem veure que està creat, igual que l'estator, d'un fil de coure bobinat amb un conglomerat de xapa de ferro. També en casos especials tenim rotors formats per imants permanents. A continuació, podem veure els dos tipus de rotors.



*Il·lustració 4: Rotor d'imants permanents [IV]*



*Il·lustració 5: Rotor de bobinat de coure amb conglomerat de xapes de ferro [V]*

El rotor gira a gran velocitat agitat per un cap magnètic creat per la part fixa del nostre motor que és l'estator. La velocitat del rotor s'expressa en revolucions per minut (RPM) i vindrà lligada al número de pols magnètics que tingui l'estator, com també, a la quantitat de fil que tingui el nostre rotor, i igual que al seu diàmetre. Aquesta velocitat que produeix el rotor, la transmetrem a través de l'eix, com pot ser per exemple a través d'un eix sense fi, el qual té associada una roda i podrem tenir un motor rotatiu amb una reducció. En aquest cas augmentaríem el parell mecànic.

També podem trobar aquest eix amb una sortida directa i la podrem instal·lar en una aplicació.

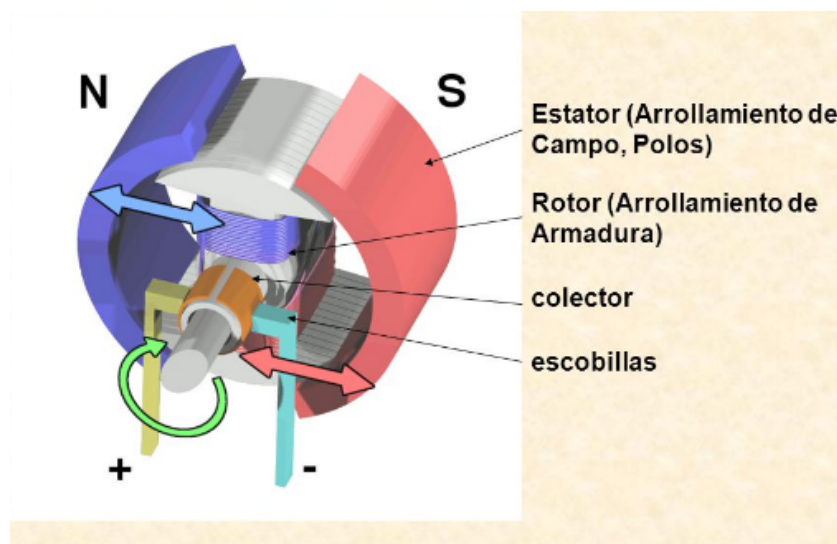
L'electricitat que es transmet al rotor es passa a través d'un col·lector que està instal·lat al rotor. Aquest és l'encarregat d'absorbir el voltatge entregat per una escombreta. El col·lector és una peça on van les diferents espises del bobinat del rotor, com es pot veure en la següent imatge:





Il·lustració 6: Visualització del col·lector en el rotor [VI]

Les escombretes estan creades amb carbons, i aquestes llisquen per sobre el col·lector que rota amb el rotor, entregant l'energia. Els carbons estan connectats al corrent a través d'un cablejat i aquests se'ls entrega un corrent per tal de que commutin canviant la polaritat del bobinat que està connectat a través dels col·lector per així donar funcionament el motor.[16], [17]



Il·lustració 7: Representació del conjunt de rotor, estator i escombretes [VII]

La sortida d'eix del motor pot ser variada, des d'una sortida directa com serà el cas del nostre motor, o que dintre el motor porti una reducció, per tal de reduir la velocitat que

està rodant el rotor, i a través d'una roda engranada i una sortida d'eix amb un sens fi, podem aconseguir, reduir la velocitat i guanyar parell mecànic. [18], [19].

En el nostre cas d'estudi, el nostre motor no portarà un reductor a l'eix de sortida sinó que anirà directament instal·lat a la roda per tal d'aplicar directament el parell.

A més, volem instal·lar un motor sense escombretes, un tipus de motor anomenat motor brushless o sense escombretes.

Aquest, com el seu nom indica, és un motor sense escombretes, ni carbons ni col·lector. El motor brushless anirà controlat a través d'una electrònica que serà la que farà la commutació al bobinat del rotor. [20], [21]

L'electrònica anirà connectada a l'estator que li transmetrà les commutacions i farà que el rotor es vagi polaritzant i girant en conseqüència.



*Il·lustració 8: Interior d'un motor brushless [VIII]*

Els avantatges d'utilitzar aquest tipus de motor és que no tenen tant desgast com l'anterior, ja que al no tenir escombretes, aquest tipus de motor no té fregament i la seva vida útil és molt més llarga. [20]

Els motors amb escombretes, tenen el desavantatge si els comparem amb els de sense escombretes que, en crear la commutació a través dels carbons, a vegades es creen guspires per un mal contacte que pot crear un mal funcionament del nostre motor. Això provocaria que el col·lector es vagi desgastant. A més, com que tenen un fregament continu, són motors més sorollosos. [21]

Com podem entendre, els motors amb escombretes tindran una eficiència més baixa, ja que part de l'energia es despendrà en forma de calor.

Per altre costat, els motors brushless són més cars de produir ja que és una tecnologia més recent i la incorporació d'una electrònica en el motor fa que el producte s'encareixi.

Si mirem la part mecànica i comparem els dos motors, en el cas dels motors amb escombretes com hem comentat anteriorment, al funcionar a través d'un fregament, per molt que apliquem el mateix corrent, la relació parell vers velocitat en els motors brushless sempre serà més bona que en els motors amb escombretes convencionals.

Cal destacar que el motor brushless al partir d'un producte que no té fregament en la zona del col·lector, i al no tenir escombretes, tindrà un millor resultat en una instal·lació en una aplicació, com pot ser la d'una roda.[22].

## 2.5. Síntesi del motor seleccionat pel nostre estudi

La nostra opció és el motor brushless. Com hem dit anteriorment, aquest és un motor que s'instal·la a la roda.

Hem triat aquest producte pels següents avantatges que té:[20], [21], [22]

1. Bona capacitat de resposta.
2. Elevada vida útil.

3. No requereixen manteniment.
4. Són silenciosos.
5. Alta eficiència.
6. El seu pes acostuma a ser inferior a altres tipus de motors.
7. Gaudeixen d'una gran relació velocitat vs. parell.
8. No necessiten transmissions, ja que es munta el motor directament a la roda.
9. És un motor actualment més car al motor de corrent continu amb escombretes tradicional, però creiem que és un motor que en el pròxims anys a través de l'optimització de les electròniques s'abaratirà força en relació als preus actuals.

Aquest motor és un motor que va ancorat a un xassís i se situen a la galleda (rodet) de les rodes.



*Il·lustració 9: Motor brushless instal·lat a una roda [IX]*

## 2.6. Història de les bateries i emmagatzematge de l'energia

Abans del 1800, en plena revolució Industrial, no hi havia electricitat, la gent vivia del camp i l'única il·luminació que tenien era la de les espelmes. L'única força motriu que es podia

aprofitar era la que produïa el molí al costat d'un riu o la de moure un ase per sembrar un camp [23].

L'any 1800, el científic de la Royal Society Alessandro Volta va inventar la primera pila. Aquesta era una cel·la química que creava corrent continu.[24]

Tres anys més tard, Johann Wilhelm, construeix el seu acumulador elèctric. Aquest no té una aplicació pràctica, i és a mode de prototip. Els següents anys, diversos científics ingenien el seu acumulador al igual que Wilhelm, però no és fins el 1859 que Gastón Planté contrueix el primer acumulador realment útil, aquest és de plom-acid. No té gaire bona rebuda i no és fins el 1879 que es comencen a veure aplicacions per als acumuladors.

Apareixen un seguit de científics que descobreixen els diferents camps de l'electricitat i del magnetisme del corrent elèctric i diferents maneres de com acumular l'energia. Un d'ells, també molt conegut, serà Thomas Alva Edison, que el 1900 inventara un acumulador de ferro-niquel. [25]

No serà fins l'arribada de Nikola Tesla, que fou un pupil de Thomàs Alva Edison, que s'inventa el corrent altern i la base del sistema elèctric actual. [26]

Les coses han continuat evolucionant i s'han creat noves piles amb nous materials reduint dimensions i creant cel·les més eficients.

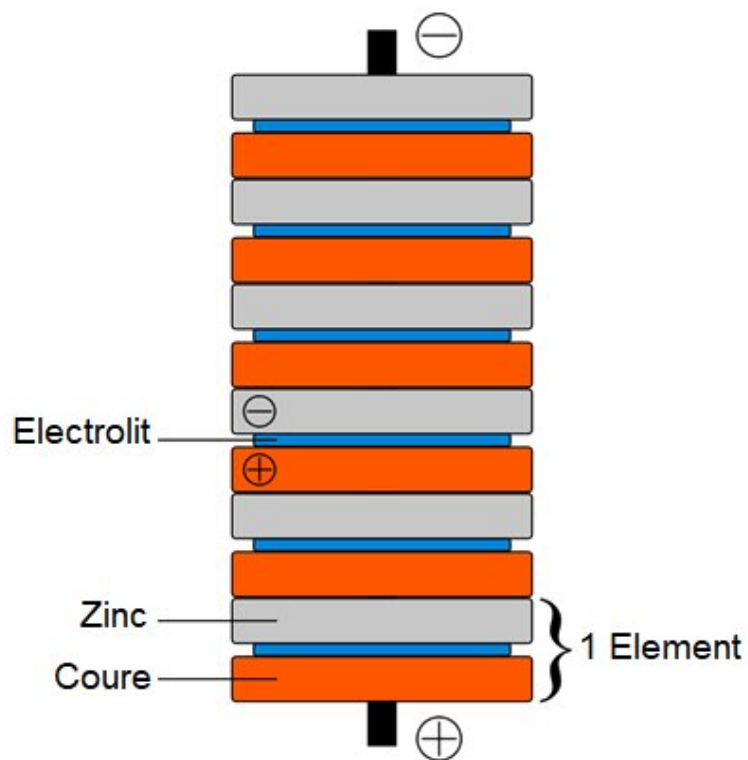


*Il·lustració 10: La primera pila d'Alessandro volta [X]*

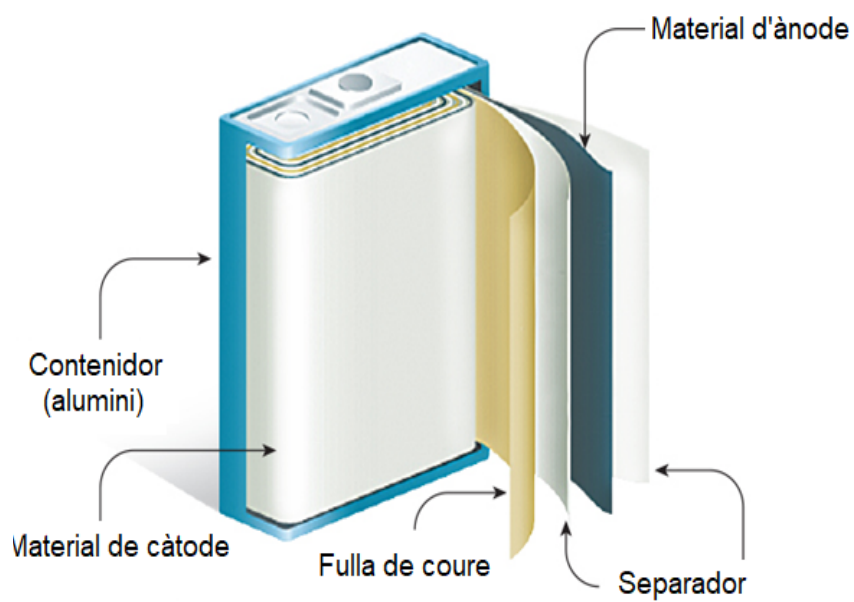
## 2.7. Caracterització i classificació actual de les bateries

Les bateries són, avui en dia, els elements clau dels vehicles elèctrics. Són els elements que poden marcar la diferència entre un producte o altre. Si parlem d'autonomia, a millor bateria més autonomia guanyarà el nostre vehicle. A més, la bateria és un dels components del cotxe o moto que cal tenir molt present a l'hora de dissenyar el producte, ja que ocupa un gran espai i és una peça força pesada. Actualment, cada cop s'està buscant reduir més aquest pes i, per descomptat, millorar prestacions de recàrrega més ràpida i més emmagatzematge.

A continuació, tenim dos exemples de pila. La primera representació (veure il·lustració 11) és l'interior de la pila d'Alessandro Volta; la segona, és la representació d'una pila o bateria actual d'ió-liti (veure il·lustració 12).



Il·lustració 12: Interior de la pila de Volta [XI]



Il·lustració 11: Interior d'una bateria actual d'ió liti (li-ion) [XII]

Com podem apreciar, tenen les peculiaritats que defineix a una pila com poden ser els dos tipus de material que fan d'ànode i càtode i la seva base de separació, però a partir d'aquest punt comú, podem veure, a simple vista, que la tecnologia ha evolucionat molt.

Actualment ja no es fa la pila a base de pastilles sinó que s'ha tractat el material perquè sigui com una fulla de paper en què podem emmagatzemar més i de manera més còmoda. De la mateixa manera, també podem adaptar més els dissenys que necessitem pels productes actuals. D'aquí que puguem tenir mòbils de 7,57 cm de gruix com pot ser l'iPhone X.[27]

En l'actualitat també podem trobar moltes indústries especialitzades en l'optimització de les bateries i la seva eficàcia en vers al seu espai i pes, que és el gran interès per qualsevol producte que porti bateries.

Si analitzem els tipus de bateries, les podem classificar en bateries d'un sol ús i bateries recarregables, també conegudes com a primàries i secundàries respectivament. [28]

Les bateries d'un sol ús, un cop descarregades una vegada, es tornen inservibles. Tenim una relació química dintre d'ella pensada per una sola reacció. Les més utilitzades domesticament són les alcalines. Aquestes les utilitzem en tota mena d'aparells. Per contra, les bateries recarregables ofereixen l'avantatge de tornar a ser carregades per a la seva nova utilització quan han estat descarregades. [29]

## 2.8. Prestacions necessàries de les bateries en motos

Per realitzar el nostre estudi i redisseny de la motocicleta elèctrica necessitem una bateria que ens sigui útil, fiable i que tingui les propietats necessàries. En el mecat, actualment, podem trobar una varietat molt gran de tipus de bateries. Per això, hem intentat agrupar les més conegudes en una taula per poder veure numèricament quines diferències tenim entre elles i a partir d'aquí, decidir quina bateria utilitzar.

Per escollir la nostra bateria mirarem bateries secundàries. Les piles primàries quedaran en un segon pla, ja que ens interessarà molt la seva durabilitat, temps de recàrrega i eficiència, i les bateries primàries no compleixen amb aquestes característiques. [30]



Un cop ens decanem per un tipus de bateria, en l'apartat de dimensionament (apartat 3.5), buscarem un pac bateries que ens encaixi amb les nostres necessitats.

Diferències entre bateries							
TIPUS	Energia & pes (W·h/Kg)	Densitat d'energia (W·h/l)	Tensió per element (V)	Duració (Número de recarreges) (cicles)	Espectatives de vida (anys)	Auto descarrega per mes (% del total)	Eficiència (carrega-descarrega) (%)
Plom-Acid	25	80	2	1500	3-5	3-20	75-85
Ni-MH	75	240	1,2	300-600	2-5	15-25	65-85
Ni-Fe	30	55	1,2	2.000-4000	8-25	20-40	65-85
Ni-Cd	20-37	40-100	1,2	300-2000	2-25	5-20	60-70
Li-Io	150	400	3,7	3000	2-3	2	80-90

*Taula 1: Comparativa de bateries*

Com podem veure en el recull de les dades de les bateries, el producte que millor encaixa per les nostres necessitats és la bateria de Li-ió, que també és la més utilitzada actualment en el sector dels vehicles elèctrics. Podem veure com té un gran contingut en pes d'energia si les comparem amb les altres. També la densitat d'energia és molt superior a les altres. A més, tenen una auto descàrrega molt baixa i una eficiència molt elevada. És una gran aposta per utilitzar en l'actualitat. [30], [31]

Analitzant les altres opcions trobem les bateries de Níquel; la Níquel cadmi en el mercat s'està canviant per la Níquel hidrurs perquè és un producte molt menys contaminant i també perquè té una densitat energètica superior a la seva antecessora. Tot i això, la seva eficiència no és molt alta. A la taula podem veure que els rangs de la bateria Ni-Cd són molt oberts, això dependrà del tipus de bateria que agafem. Si mirem una bateria que està sellada, les seves propietats són més baixes, però si mirem una bateria amb ventilació, les seves propietats milloren notòriament. Per això té un rang tant obert de propietats. [33], [34]

Per altre costat, tenim les bateries de plom àcid, malgrat que féssim un bon ús de la bateria, no ens interessa perquè té una vida curta en relació a la densitat energètica. Aquestes bateries són molt utilitzades en automoció per accions d'arrencada de motor. [35],[36],[37],[38]

Per últim, ens queda la bateria de Níquel ferro, que té una vida útil molt alta en comparativa a la resta de bateries. Però si ens fixem en la seva densitat energètica veiem que és molt baixa i la seva eficiència tampoc és destacable. Tot i això, és una bateria de la qual tornarem a sentir-ne parlar un cop entri el grafè al mercat, ja que s'estan començant a fer proves d'una nova bateria níquel-ferro-grafè. [30], [39]

En conclusió, la millor opció és buscar un proveïdor de bateries de Li-ió per tal de poder trobar preus i dimensions pel nostre pac de bateries per la moto. [40], [41]

## **2.9. Electrònica de potència**

Un cop realitzada la introducció sobre les motocicletes elèctriques i les bateries necessàries, l'últim gran component a tenir en compte, i que té un gran pes en el vehicle, és la part de l'electrònica.

### **2.9.1. Conceptes electrònics a tenir en compte**

L'electrònica s'encarrega de donar senyal al nostre motor i també serà l'encarregat de l'accionament dels frens. A més, depenent de l'electrònica que s'instal·li, podrem tenir a la nostra pantalla de control més o menys indicadors de l'estat de la moto.

Si disposem d'una electrònica més estàndard, a la pantalla podrem trobar indicadors de control com: velocitat lineal, rpm del nostre motor, consum d'energia de les bateries i km fins a la pròxima recarrega. A més, també podrem trobar un ventall infinit de sensors instal·lats a la moto que controlin la nostra placa de control (i ens ho indiquin en el quadre de comandament com poden ser; pressió dels pneumàtics, pes sobre la moto, temperatura exterior, pressió en els frens, etc.). Si es vol, es podria arribar a instal·lar un sensor de desgast en els frens per saber en quin estat es troben i avisar al pilot de quan s'haurien de canviar. [42]

### **2.9.2. Tipus de simulació a dur a terme en una moto elèctrica.**

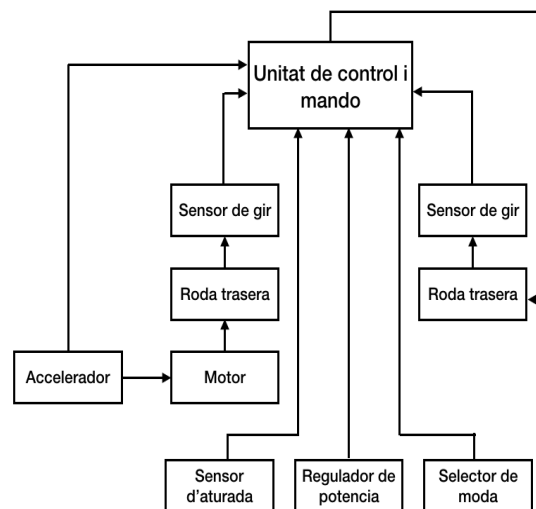
El treball està basat en la part mecànica de l'implementació d'un motor elèctric en una moto de combustió, per tant, la part de l'electrònica la mencionem breument com a punt a tenir en compte dins un possible prototip.

Els components necessaris per dur a terme el nostre sistema per tal de poder controlar el motor de la nostra moto seran:

- Una unitat de control i comandament, la qual serà el cervell del sistema (aquesta unitat serà el mateix control de tracció).

- Un sensor de gir a la roda del darrere.
- Un sensor de gir a la roda davantera.
- Un motor elèctric brushless que serà el nostre motor a roda.
- Un accelerador, amb acció directa sobre el motor.
- Un regulador de potència, per poder regular la tracció.
- Un selector de mode, que permeti seleccionar les diferents maneres de controlar el funcionament de la tracció.
- Un element, que tingui una acció directa d'aturada sobre el motor, a l'estímul indicat en el sistema. El concepte d'aquest element és el d'aturar la moto en cas que es detecti que el pilot ha caigut de la moto.

L'esquema de la manera d'actuació dels nostres elements és el següent:



*Il·lustració 13: Representació del control electrònic*

L'accelerador és un accelerador d'empunyadura amb el qual es governarà l'accionament del motor posterior.

Un cop definit el sistema que implementaríem en la nostra unitat de control, passaríem a fer un disseny d'un algoritme per controlar tot el sistema de la moto. Aquest, s'instal·laria en la PCA de control, com també es faria el disseny de l'unitat de protrol en la PCB.

Posteriorment, s'han d'analitzar els possibles problemes o dificultats que puguin sorgir, tant en el desenvolupament de l'algoritme com en la coherència del mateix. Aquest apartat el desenvoluparem de manera teòrica i sense entrar molt en detall, ja que formaria part d'una altra branca de l'enginyeria i seria més específic de l'electrònica o informàtica.

### 3. Enquesta de conceptualització social del vehicle elèctric

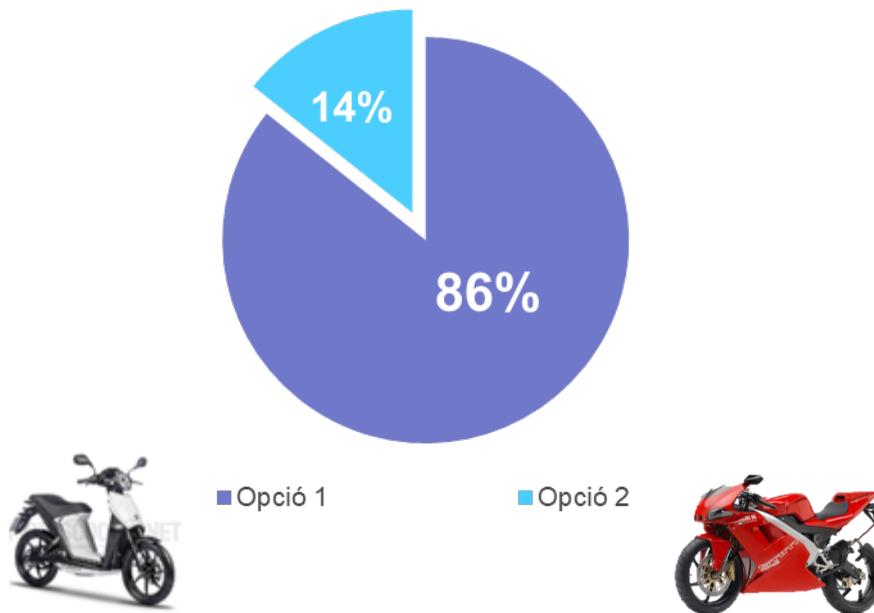
En cert punt del treball i, després d'haver fet recerca sobre l'història del motor, les bateries i l'evolució dels vehicles elèctrics, es va plantejar el dubte de quin era el coneixement que tenia la societat sobre la moto i el cotxe elèctric. Per això, vàrem fer un estudi a través d'una enquesta a 245 persones. Cal destacar que no es pretén extrapolar els resultats d'aquesta enquesta a la percepció mundial, però sí, utilitzar-ho com a base d'indicador de tendència social.

L'enquesta, realitzada a través de Google a una base de 245 usuaris homes i dones d'entre 20 – 55 anys (veure Annex C), consistia en dues preguntes que ens han permès avaluar:

- Quin és el tipus de motocicleta que la gent associa a una moto elèctrica. En la pregunta hi havia dos models de motos elèctriques i s'havia de triar una de les opcions.
- Si l'usuari es compraria un cotxe elèctric. La pregunta es podia respondre de tres maneres:
  - Sí
  - No, crec que el producte no està consolidat
  - No, el producte és car

El resultats han estat els següents:

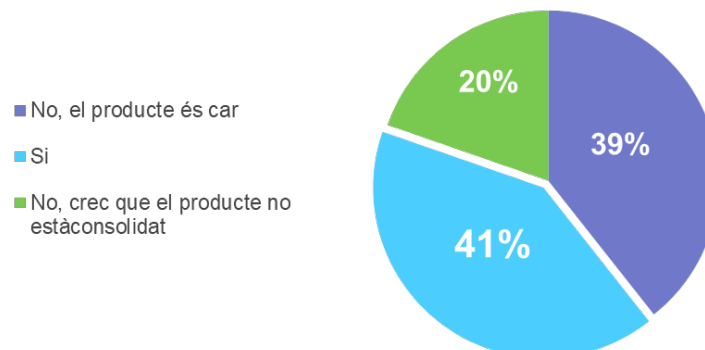
- Primera pregunta:



Il·lustració 14: Diagrama dels resultats de la primera enquesta

Després de veure els resultats de la primera pregunta, podem concloure que la societat actual té molt clar quin tipus de moto pot ser elèctrica. De mica en mica, la mentalitat anirà canviant, ja que cada cop més productes d'alta cilindrada podran ser elèctrics fent canviar les perspectives actuals de la gent.

- Segona pregunta:



Il·lustració 15: Diagrama dels resultats de la segona enquesta

Els resultats de la segona pregunta evidencien tres aspectes que hem anat comentant durant tot el treball. En primer lloc, el 39% dels enquestats que han afirmat que no comprarien un vehicle elèctric perquè és car, deixen patent la necessitat de l'evolució del sector (i sobretot en les bateries) per tal d'aconseguir un preu assequible i competitiu que estigui a l'abast de la classe mitjana, sense convertir-se en un producte exclusiu. En segon lloc, el 41% que ha afirmat que sí que es compraria un cotxe elèctric, evidencia la creixent conscienciació social sobre aquesta tipologia de vehicles i el seu augment de popularitat. I per últim, en el tercer lloc, el 20% que considera que el producte no està consolidat i que, per tant, no se'l compraria, deixa en evidència la necessitat de seguir apostant per campanyes de comunicació que informin de les prestacions d'aquests vehicles i, que transmetin les seves capacitats tècniques i avantatges que ja s'estan aconseguint amb aquests tipus de cotxe o motocicleta.

Amb aquests resultats podem concloure que hi ha una necessitat, més que evident, per seguir invertint en el sector i conscienciant a la societat sobre els avantatges i avenços que avui dia ja s'han assolit.

## 4. Dimensionament teòric de la moto elèctrica.

Abans de començar amb el desenvolupament de l'estudi, ens agradaria fer un petit estudi DAFO per tal de poder veure de forma més esquemàtica i desenvolupada les implicacions del nou producte en el mercat actual.

### 4.1. Anàlisi DAFO de les motos elèctriques

La motocicleta elèctrica ja està força present en la nostra societat. Per això, volem fer un estudi DAFO on podrem analitzar els seus principals punts forts i debilitats. Fet que ens permetrà analitzar els trets més característics del producte que volem dimensionar i, així, serem més conscients del producte del que estem parlant.

#### Debilitats

Temps d'espera en la càrrega de la bateria.

Producte nou, incertesa en el mercat de la qualitat del producte.

La velocitat d'una moto elèctrica serà inferior a la seva antagònica en combustió.

Si comparem preus de la moto elèctrica versus la de combustió, l'elèctrica és més cara que la de combustió.

Actualment, pocs models al mercat, cosa que amb el temps anirà disminuint.

#### Amenaces

La bateria està lligada a la temperatura, si tenim una moto elèctrica en una zona molt freda, segurament, escurçarem la vida útil d'aquesta.

Falta d'infraestructura per recarregar la moto.





Vivim en una societat moguda pel soroll, aquest nou producte és silenciós, podem tenir accidents per causa de tercers que no ens miren.

### **Fortaleses**

Producte 100% elèctric, és més barata l'electricitat que el carburant.

Impacte sorollós reduït quasi al 100%

0 contaminacions de CO2

No utilitzes combustible.

És un producte més net i té menys manteniment.

Té més espai per l'emmagatzematge, ja que no té el dipòsit de gasolina i d'oli. A més, el motor elèctric és més petit que el de combustió.

### **Oportunitats.**

És un nou producte. Això obre un nou ventall empresarial.

Crearà nous llocs de treball en investigació, en branques relacionades amb el nou producte.

Al crear un concepte nou de moto es crearà també un redisseny de la seva estructura, ja que moltes de les parts podran ser eliminades.

És un producte més lleuger i el que el fa més manejable.



## 4.2. Anàlisi de diferents models de motos elèctriques

Estem en una època de canvi i evolució. Tot i això, encara avui si es pregunta a la societat que imagini una moto elèctrica, la imatge de referència que buscarà serà la típica moto de 50cc passada a elèctrica (enquesta realitzada en aquest treball, però de la que s'ampliarà la informació en l'apartat de les conclusions). Aquesta percepció comença a estar caducada, ja que en l'actualitat, els motors, bateries i electrònica han arribat a un punt que ens permeten trobar motos de "cilindrades" molt grans i amb gran autonomia al mercat.

A continuació, analitzem tres exemples de motocicleta vigent al mercat així podem tenir una visió més actualitzada d'on ens trobem tecnològicament.

### 4.2.1. Anàlisi: BMW C Evolution

La BMW C Evolution 11kW és l'escúter elèctric que es pot conduir amb el carnet B de cotxe, l'equivalent a uns 125cc. Disposa d'una autonomia d'uns 100km i una velocitat punta de 120 km/h.

A més, té una potència nominal de 11kw i una acceleració de 0 a 50km/h en només 2,7 segons, suficient per deixar enrere a motos del doble de cilindrada de combustió [43].

Està composta per un motor amb alternador de refrigeració líquida, màquina sincrònica d'imants permanents, rotor intern i velocitat màxima de 9.200 rpm.

Si ens mirem la seva fitxa, podem veure les seves propietats: [43].

- Potència màxima en CV: 48 CV
- Potència màxima: 4.650 kW/rpm
- Règim màxim: 9.200 rpm
- Velocitat màxima: 120km/h
- Acceleració de 0 a 100: 6,2 s
- Tracció: posterior, basculant amb corretja d'entrada a l'eix posterior.



- Tipus de bateria: d'alt voltatge d'ió-liti amb refrigeració per aire forçat.
- Capacitat: 8 kWh
- Extraïble: No
- Connector de càrrega tipus 1 en el quadre de comandament; cable de càrrega amb el connector d'acord a les especificacions de cada país.
- Nombre de cel·les: 3 mòduls, dotze cel·les per mòdul 60 Ah
- Tipus de càrrega / Temps 100%: 220V / 12A (estàndard) aprox. 4h // 220V / 16A (Mode3 cable) aprox. 3h
- Tipus de càrrega / Temps 80%: 220V / 12A (estàndard) a 02:45h // 220V / 16A (Mode3 cable) a 02:15h
- Llarg: 2,190mm
- Ample: 947mm
- Alçada: 1,301mm
- Distància entre eixos: 1,594mm
- Pes total 265kg
- Càrrega min. / màx. autoritzada: 180kg
- Nombre de places: 2



*Il·lustració 16: BMW C Evolution [XIII]*

#### 4.2.2. Anàlisi: Empulser.

Un altre exemple de moto elèctrica d'una categoria de cilindrada més alta és l'Empulse. Una motocicleta que, per les xifres de potència i parell que ofereix, podria ser classificada en la cilindrada mitjana-alta.

Disposa d'elements de primera qualitat, com frens i suspensió produïts per Brembo, Marzocchi i Sachs. Les seves bateries ofereixen prestacions de 206km d'autonomia i 160km/h de velocitat màxima. A més, compta amb un sistema de KERS (frens de regeneració) per acumular l'energia generada en la frenada i, igual que la BMW, també disposa del sistema de refrigeració líquid. El motor elèctric està dissimulat entre les bigues d'alumini i tubulars que conformen la "naked" [44].

Si analitzem la seva fitxa tècnica, podem veure les seves propietats: [44].

- Tipus de corrent: CA
- kW: 40kW/rpm
- Autonomia en ciutat: 206km

- Tracció: Caixa de 6 velocitats amb embragatge hidràulic en bany d'oli.
- Tipus d'Embragatge: Hidràulic
- Tipus de bateria: ió-liti
- Capacitat: 9,31kWh
- Extraïble: No
- Tipus de càrrega / Temps 80%: 2 hores
- Llarg: 2.065mm
- Alçada: 800mm
- Distància entre eixos: 1.473mm
- Pes total: 213kg
- Càrrega min. / màx. autoritzada: 167kg



*Il·lustració 17. Empulser [XIV]*

### 4.2.3. Anàlisi: Bereco Voltio

El model Bereco Voltio és una moto pensada per la ciutat, similar a la scooter de piaggio.

Disponible tant en versió analògica com digital.

Disposa de marxa enrere, cinc maneres de conducció, fre regeneratiu, diverses possibilitats de programació de la velocitat punta i corba de potència. Compta amb un motor elèctric Brushless en roda posterior amb una autonomia de 70km [45].

Si consultem la seva fitxa, podem veure les seves propietats: [45].

- Potència màxima CV: 6.7CV
- Potència màxima kW: 5kW/rpm
- velocitat màxima: 85km/h
- Autonomia en ciutat: 70km
- Tracció: posterior
- Tipus d'Embragatge: 1
- Tipus de bateria: Liti 72V-50Ah
- capacitat: 3,6kWh
- Extraïble: No
- Tipus de carregador: 230V - 10Ah
- Tipus de càrrega / Temps 100%: 8h
- Tipus de càrrega / Temps 80%: 2h
- Llarg: 2030mm
- Ample: 670mm

- Alçada: 1210 mm
- Pes total: 100kg
- Nombre de places: 2



*Il·lustració 18: Beroa Voltio [XV]*

#### **4.2.4. Anàlisi: Vespa Elèctrica.**

El quart exemple i últim, és el de la Piaggio Vespa Elèctrica. Aquest model de motocicleta va ser, i encara és, tot un clàssic de les motos scooter de combustió de 50cc i 125cc.

Cal destacar que, tot i que és un producte que encara no ha sortit al mercat, hem volgut posar aquest últim exemple ja que considerem que serà un producte que revolucionarà el sector de les motocicletes elèctriques per la seva popularitat en la versió de combustió.

Així doncs, la informació sobre el quart exemple de moto elèctrica ha estat recopilada gràcies als “teasers” comercials que la companyia ha anat publicant abans del seu llançament.

Piaggio va anunciar el llançament d’aquesta moto pel setembre del 2017, però finalment la marca va endarrerir la seva sortida un any, fins a finals de la tardor del 2018. Actualment, si accedeixes al web de Piaggio, la motocicleta encara no es pot comprar, només encarregar.

De totes maneres, entrant en l’anàlisi sobre el disseny i mecànica de la nova Vespa Elèctrica, es preveu que el producte mantingui les característiques i formes de la vespa original de combustió. L’únic que la diferenciarà seran les línies blaves tant a la xapa de la moto com a les rodes (veure il·lustració 19).

La moto elèctrica generarà una potència continua de 2kW (2,68cv) amb pics de 4kW(5,36cv), i el parell motor no és públic però es preveu similar al del ciclomotor de 50cc. També comptarà amb una bateria de liti oferint una autonomia de fins a 100 km, carregant-se en només quatre hores.[46]

On tenim l’allotjat el tap de càrrega de gasolina, en la nova versió elèctrica, hi trobarem un cable per endollar directament a la xarxa elèctrica. El nou model, a més, incorpora un carregador integrat.

Cal destacar també, que posteriorment al llançament comercial de la moto elèctrica, la companyia ha anunciat l’arribada d’una moto híbrida. Serà la mateixa Vespa elèctrica a la qual se li afegirà un petit motor de combustió el qual es dedicarà únicament a generar energia per les bateries i no per moure la moto. Encara que el paquet de bateries és menor, parlem d’uns 50km d’autonomia, la regeneració ajudaria a arribar als 200km. d’autonomia [46], [47].



*Il·lustració 19: Vespa elèctrica [XVI]*



## 5. Simulacions del sistema.

Per dimensionar el nostre sistema, ens basarem en un producte ja existent en el mercat, la ja famosa escúter Piaggio Liberty, de 50cc, tot un clàssic de les motos sccoter i que estem acostumats a veure freqüentment per la ciutat. És una de les motos més venudes en els darrers anys tant en la cilindrada de 50cc com en la 125cc. De fet, aquest 2018 ha estat la setena moto més venuda d'Espanya [48], [49].

La escúter Piaggio Liberty va entrar al mercat l'any 1997, i en el 2016 va rebre una important renovació tant estètica com mecànica. Els últims anys només ha fet renovacions estètiques. [48], [49]

Anteriorment, hem analitzat la nova scooter vespa elèctrica. Ara, també donarem els valors i les característiques de la moto de combustió de la companyia per tal que els nostres valors d'estudi experimentals es fonamentin en una base de motocicleta.

El perquè de la selecció d'aquest productes es dona per 3 motius:

1. Perquè és la motocicleta de combustió més venuda en els últims anys a Europa [48], [49].
2. Es preveu una bona acollida en el mercat gràcies a la seva estètica de 50cc i, per tant, es pretén aconseguir un bon producte comercial. Com hem pogut comprovar anteriorment amb els resultats de l'enquesta realitzada, la societat percep la moto elèctrica com una moto escúter.
3. Disposa de les condicions tècniques necessàries per facilitar l'acoplament del pac bateries amb major facilitat, com pot ser els 6L de dipòsit.

### 5.1. Paràmetres tècnics de la moto

Per tal de poder dimensionar la nostra Piaggio Liberty elèctrica i que no perdi les característiques tècniques, estètiques i mecàniques (a part del motor) de la Piaggio Liberty de Combustió, treballarem amb els valors d'aquesta última per tal de poder mantenir la nostra principal premissa: electricificar una motocicleta de combustió i demostrar que el seu rendiment és equiparable al que es pot aconseguir amb el producte existent.

#### **Dades generals i fitxa tècnica de la Piaggio Liberty: [66]**

- Longitud total (mm): 1945
- Amplada total (mm): 690
- Distància entre eixos (mm): 1370
- Alçada del seient (mm): 790
- Capacitat dipòsit combustible: 6.0L
- Capacitat dipòsit de reserva de combustible :1.5L
- Tipus de combustible: sense plom 95
- Normativa de contaminació: euro 3
- Diàmetre de cilindres (mm): 39.0
- Cursa de cilindres (mm): 41.8
- Potència màxima: 3.2 cv
- Règim de gir del motor per a la potència màxima (rpm): 7500
- Parell motor màxim (Nm): 3.1
- Règim de gir del motor per al parell màxim (rpm): 7250
- Recorregut de la suspensió davantera (mm): 76
- Recorregut de la suspensió del darrere (mm): 73
- Diàmetre del fre davanter de disc (mm): 240
- Diàmetre del fre del darrere de tambor (mm): 140
- Pneumàtic davanter: 90/80 - 16 "
- Llanta posterior: 14 "

Les dades de la fixa tècnica també ens ajudaran a l'hora de dimensionar el nostre model 3D [50].

## 5.2. Càlculs a realitzar per dimensionar el nostre estudi de moto elèctric

Per dimensionar el motor necessitarem posar-la en les pitjors condicions possibles, per tant, farem diversos estudis canviant diferents paràmetres amb la finalitat de veure com actua el nostre sistema i, a partir dels resultats obtinguts triarem la millor opció per tal de dimensionar el motor a roda (Brushless).

A partir d'aquestes hipòtesis podrem veure el parell necessari i les rpm del motor. El primer que buscarem serà el radi del nostre motor a roda. Mirarem diferents radis, sense perdre de vista els radis reals d'una moto a roda (14").

Després, modificarem la variable pes del pilot per veure com pot variar la reacció del nostre motor.

Un cop tinguem triat un radi i un pes mitjà per l'estudi, farem una variació respecte al temps des de 0 a 10 segons, per arribar als 10km/h. Amb aquest resultats podrem veure quins valors ens serien necessaris per fer una moto competitiva en el mercat actual i que mantingui característiques similars a las de la Piaggio Liberty de combustió.

Finalment, modificarem la variable pendent per poder veure quin podria ser el pendent màxim que suportaria la moto amb un pes hipotètic, una longitud de radi ja seleccionada i amb un temps d'arrencada als 10km/h marcats.

Segons la normativa vigent, "Directiva 92/61/CEE" [2], sabem que el nostre símil elèctric homologable i comercialitzable a un ciclomotor de 50cc ha de tenir una potència de 4kW, valor que deixarem fixat en tots els nostres estudis per tal d'acostar-nos més a la realitat.

### 5.2.1. Plantejament de l'estudi

La moto necessita un parell mínim a la roda per arrencar, que vindrà subministrat pel motor elèctric.

Per poder plasmar les paraules de la primera línia necessitem les equacions de les tres lleis de Sir Issac Newton que va formular a finals del segle XVII, les quals són;

Primera llei; si la força resultant que actua sobre una partícula és zero, la partícula es mantindrà en repòs si estava inicialment en repòs o, per contra, si es movia en velocitat constant en línia recta, continuarà movent-se en la mateixa direcció i sentit.

Segona llei; si la força resultant que actua sobre una partícula no és zero, la partícula tindrà una acceleració proporcional a la magnitud de la força resultant en la direcció i sentit d'aquesta. La fórmula la podem escriure com:

$$\mathbf{F} = \mathbf{m} * \mathbf{a}$$

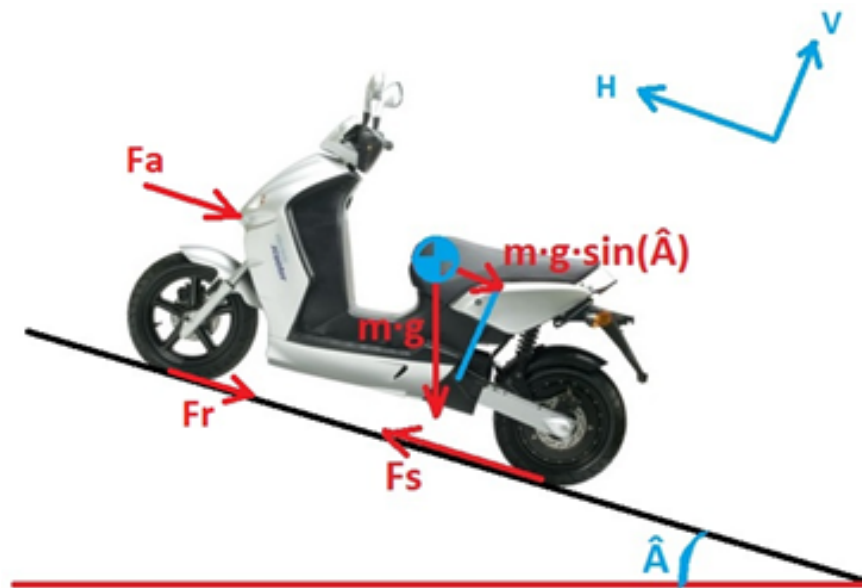
*Equació 1: Segona equació de Newton*

D'aquí podem extreure que la **F** serà la força resultant, la **m** serà la massa i la **a** l'acceleració del sistema.

Tercera llei; la força d'acció i reacció de cossos en contacte tenen la mateixa magnitud, però en sentits oposats en línies d'acció.

Si a continuació mirem il·lustració 20, veiem que tenim un conjunt de forces actuant sobre un sistema en repòs, ja que el que analitzarem en el nostre estudi serà el primer instant del moviment. Així doncs, valorarem el sistema en estàtica.

En la següent imatge, veiem les forces que actuen en tot el sistema constituït per la moto més el conductor (encara que no tinguem el conductor representat). Per simplificar el dibuix hem tret les forces que actuen en la vertical V, ja que no actuen en la vertical del moviment. [51], [52]



*Il·lustració 20: Anàlisi dinàmic d'una motocicleta en pendent*

Podem veure que tenim les diferents forces i magnituds aplicades sobre el sistema:

$F_s$ : força necessària per moure el sistema: moto més conductor.

$F_a$ : força de resistència aerodinàmica

$F_r$ : força de resistència per fregament i rodament de la roda amb l'asfalt

$$F_r = \mu * N$$

*Equació 2: Equació general del fregament*

On  $\mu$  pot ser  $\mu_s$  o  $\mu_k$ . On la primera es refereix al coeficient de fricció estàtica, que serà el que s'aplicarà quan el nostre objecte està quiet. I el segon coeficient de fricció serà el de cinemàtica que s'aplicarà quan tenim un fregament en un cos que està en moviment. Per altre costat tenim la força Normal ( $N$ ) que és la reacció contra el terra.

$m \cdot g$ : pes de tot el sistema, moto més conductor, on:

$m$ : massa de tot el sistema, moto més conductor.

$g$ : acceleració de la gravetat a nivell del mar ( $= 9.81 \text{ m/s}^2$ )

En el cas d'analitzar el pendent, en un context purament matemàtic, el pendent sol definir-se com la relació entre l'altura aconseguida i la distància en la projecció horitzontal.

També es pot definir com la relació entre l'altura aconseguida i la distància recorreguda "real". En aquest cas, com que no està especificat, agafarem la segona definició (altura aconseguida respecte distància real, hipotenusa), ja que ens és més favorable.

Llavors, l'angle de la pendent ( $\hat{\alpha}$ ) és:

$$\sin(\hat{\alpha}) = \frac{\text{Altura guanyada}}{\text{Distància recorreguda}}$$

*Equació 3: Relació trigonomètrica del sinus*

On distància recorreguda serà =  $x$

Essent  $x$  el valor de pendent en "en tant per 1".

La projecció o efecte del pes de la moto en la direcció horitzontal (H) serà;

$$m * g * \sin(\hat{\alpha}) = m * g * x$$

*Equació 4: Relació en la direcció Horitzontal*

En una de les simulacions que portarem a terme buscarem l'efecte del pendent en l'arrancada (velocitat zero).

També hem d'esmentar que a baixes velocitats es pot depreciar la força aerodinàmica ( $F_a$ ), ja que els seus efectes comencen a tenir rellevància a altes velocitats. Si féssim el nostre estudi amb un sistema dinàmic, buscaríem quina  $F_a$  hauríem d'aplicar al nostre sistema, depenent de la velocitat. En el nostre cas, com que estem analitzant el sistema en el moment d'arrencada a unes velocitats molt baixes que no superen els 10km/h, podem depreciar-la.

La força de fregament dependrà de la reacció vertical a la roda deguda, en aquest cas, pel pes. És un valor difícil de calcular amb exactitud perquè depèn de molts factors (material, tipus de pneumàtic, pressió d'aquest, pes de la roda, velocitat, etc.). Segons Annex D, la força de fregament pot estimar-se independentment del pendent com;

$$Fr = \mu s * N = \mu s * m * g$$

*Equació 5: Equació general del fregament en relació la massa*

on  $\mu s$  és un coeficient que agafarem = 0.025, segons annex D.

En condicions d'equilibri o repòs, la suma de forces en la direcció horitzontal haurà de ser nul, el que suposa que:

$$Fs = Fr + m * g * \sin(\hat{a}) = \mu s * m * g + m * g * x = m * g * (\mu s + x)$$

*Equació 6: Relació de la força necessària per moure tot el sistema*

Perquè existeixi una acceleració  $a$ , la força per moure el sistema haurà de ser major:

$$Fs > m * g(\mu s + x)$$

*Equació 7: Increment a la  $Fs$  que s'ha de produir perquè hi hagi moviment*

Si buquem acceleració en el sistema tindrem:

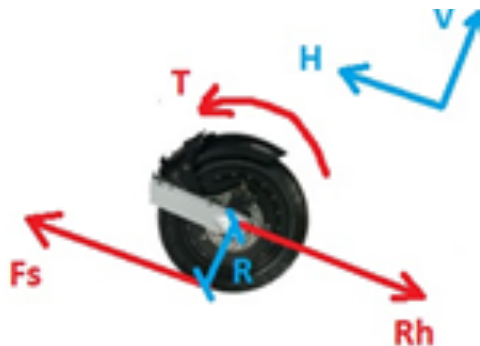
$$Fs - m * g(\mu s + x) = m * a$$

*Equació 8: Relació de la força necessària igualada a una acceleració per moure el sistema*

$$Fs = m * g(\mu s + x) + m * a$$

*Equació 9: Força necessària per moure el sistema amb una acceleració*

Per trobar el parell en la roda hem d'analitzar només la roda motriu de darrere i descompondre les forces que actuen en ella. Veure la il·lustració 21, on no hem representat la força en la direcció vertical "V", ja que, com abans, no intervé en el moviment que ens interessa.



*Il·lustració 21: Anàlisi estàtic del motor a roda*

Fs: Força necessària definitiva, la qual sorgeix del contacte de la roda amb el terra, ha de ser menor que la força del fregament estàtic màxim, si no, la roda patinarà.

Rh: Reacció horitzontal de la unió de la roda amb la moto

T: Parell subministrat pel motor a la roda

Igual que abans, en condicions d'equilibri o repòs, la suma de forces en la direcció horitzontal (H) haurà de ser nul, el que suposarà que:

$$Rh = Fs = m * g(\mu s + x)$$

*Equació 10: Relació de la força necessària a la roda*

El parell **T**, en Nm, el calcularem mitjançant la suma de moment respecte a l'eix de la roda:

$$T = Fs * R$$

$$T - m * g(\mu s + x) * R = 0$$

$$T = m * g * R(\mu s + x)$$

*Equació 11: Parell necessari a subministrar a la roda sense acceleració*

On **R** és el radi de la roda. El qual en una de les hipòtesis variarem per poder veure com varia el nostre parell.

Per fer l'estudi, considerem menyspreable la massa de la roda motriu en comparació amb la massa total del sistema moto més conductor.

Si ara volem busca el punt d'acceleració del sistema, és a dir en el moment que surt del repòs, serà quan es produeixi una acceleració, per tant, ens quedarà l'anterior formula com:

$$T - Fs * R = 0$$

$$T - (m * g * (\mu s + x)) + m * a * R = 0$$

$$T = m * R(g * (\mu s + x) + a)$$

*Equació 12: Parell necessari subministrar a la roda amb acceleració*

### **Pendent màxim assumible per puja a velocitat contant.**

En l'última hipòtesi, voldrem mirar quin pendent màxim serà capaç de pujar la nostra moto. Igual que en la resta d'hipòtesis, el pendent màxim que aplicarem serà el d'1%, ja que considerarem que el 0% de pendent és una situació massa ideal. Per poder calcular aquest pendent màxim, sabem



que la velocitat de la moto disminuirà fins al punt d'arribar al parell nominal màxim per tal de mantenir la seva posició i no anar marxa enrere. Teníem que el parell màxim per puja un pendent  $x$  a velocitat constant, sense acceleració, vist amb anterioritat:

$$T = m * g * R(\mu s + x)$$

$$T = m * g * R * \mu s + m * g * R * x$$

*Equació 13: Parell necessari a subministrar a la roda sense acceleració*

Per tant, per al parell màxim li correspondria el següent pendent màxim  $x$ :

$$x \leq \frac{T - (m * g * R * \mu s)}{m * g * R}$$

*Equació 14: Pendent màxim*

Si expressem el pendent en tant per cent  $x(\%)$ :

$$x(\%) = \leq \left( \frac{T - (m * g * R * \mu s)}{m * g * R} \right) * 100$$

*Equació 15: Pendent màxim en %*

Considerant menyspreable la massa de la roda motriu en comparació amb la massa del sistema de la moto més conductor, el pendent màxim mantenint una acceleració seria:

$$x(\%) = \leq \left( \frac{T - (m * R(g * \mu s + a))}{m * g * R} \right) * 100$$

*Equació 16: Pendent màxim en % mantenint una acceleració*

En ser un sistema rotatiu hem de tenir en compte la velocitat angular, ja que passarem d'una velocitat lineal a aquesta vista reflectida a la roda. Aquesta velocitat vindrà relacionada amb la quantitat de voltes que doni la nostra roda,  $n$  que s'expressa en revolucions per minuts (rpm).

$$v \left[ \frac{km}{h} \right] = \frac{3.6 * \pi * n * R}{x}$$

*Equació 17: Velocitat lineal en relació al número de cicles  $n$  i el radi*

Si, per altre costat, volem buscar la potencia, també podrem treure-la a través del número de cicles,  $n$  i el parell.

$$P[kW] = \frac{\pi * T * n}{x * 1000}$$

*Equació 18: Potència subministrada per un parell i uns cicles donats*

### 5.2.2. Dades extretes de l'estudi

Un cop vista la part teòrica farem un estudi amb diferents premisses. Les variables que tindrem sempre iguals seran les següents:

PARÀMETRES		
Potència del motor segon normativa	2kW	(2,68CV)
Pics de potència	4kW	(5,36CV)
Gravetat d'acceleració (m/s <sup>2</sup> ):	9,81	
Resistència del fregament del pneumàtic (Kr) (-):	0,025	
Pes teòric de la moto (kg)	87	

*Taula 2: Taula de paràmetres fixes*

El que podrem observar en les taules d'estudi (ANNEX B) serà:

- **Velocitat requerida en funció del temps (km/h):** serà la velocitat inicial que voldrem que agafi.
- **Temps d'acceleració (s):** el temps que tardarà de 0 a X per agafar la velocitat inicial.
- **Radi motor a roda(m):** radi de la roda de tracció, la de darrere.
- **Pendent teòric (%):** un dels estudis serà posar el sistema en un pendent per veure com es comporta, per tant, tenim ja el valor marcat i en la resta el pendent serà 1, ja que el 0 no s'adapta tant a la realitat.
- **Pes del pilot (Kg):** el pes del pilot el tindrem marcat per la mitjana europea entre l'home i la dona, menys en l'estudi de variació de pes [53], [54].
- **Massa total (moto+pilot):** aquí fem la suma del pes teòric de la moto més el pes del pilot.
- **Velocitat de l'escúter a màxima potència (km/h):** la velocitat és de 45 km/h, ja que estem analitzant un ciclomotor.

- **Parell mínim requerit per tot el sistema (Nm):** parell necessari que necessita el motor per tal de moure el sistema, sense comptar acceleracions. És a dir, si poséssim el sistema en marxa en velocitat constant, quin parell necessitaríem, depenent del radi de la roda, del pes que porta el sistema i del pendent.
- **Parell màxim requerit per tot el sistema. (Nm):** aquest serà el mateix concepte que l'anterior, però afegint la variable acceleració a la fórmula.
- **Velocitat ( $\omega$ ) a velocitat lineal requerida (rpm):** velocitat angular requerida pel sistema aplicant l'acceleració necessària.
- **Potència en el pic màxim i velocitat requerida (W):** potència necessària a cada instant.
- **Pujada del pic màxim desitjat ( $=2 \cdot P_n$ ) (W):** el nostre sistema és de 2KW amb pics de 4KW, aquestes acotacions vénen donades per normativa d'homologació, per tant, com a molt podem tenir aquests pics de 4 kW de potència per mirar el rendiment màxim.
- **Velocitat ( $\omega$ ) a màxima potència TEÒRICA (rpm):** mirarem la velocitat angular uniforme a la nostra màxima velocitat lineal.
- **Parell a màxima potència TEÒRIC (Nm):** un cop sabem la nostra màxima velocitat angular teòrica també mirarem la màxima de parell, tenint en compte els 4kW de potència de pic. Aquest serà el paràmetre que ens fixarà fins on pot arribar la nostra moto amb el dimensionament o en quin punt no podrà.

Totes les taules de càlcul i dimensions es poden consultar a l'Annex B.

### 5.2.3. Resultats de la primera hipòtesi: Radi

Per fer el primer estudi variarem el radi de la moto de referència, la Piaggio Liberty.[66]

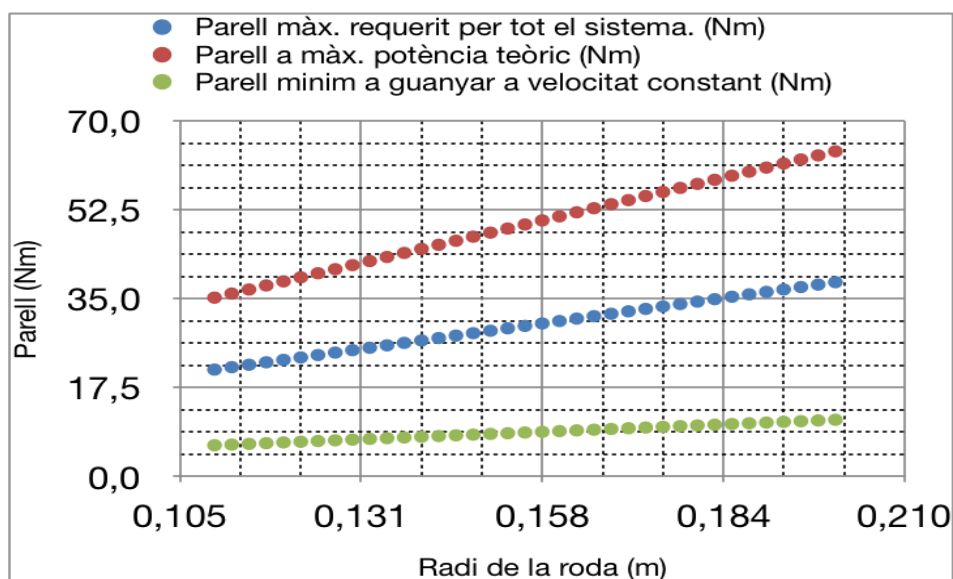
Podem veure a la fitxa tècnica que la llanta de la moto elèctrica fa 11" que són 279.4 mm i que la moto de combustió té una llanta de 14" que són 355.6 mm, per tant, hem intentat ajustar a aquests límits. Cal destacar que hem deixat un pendent a vèncer de l'1%, ja que el 0 no existeix i les carreteres no són planes.

Pel que fa al pes, l'hem calculat sobre la mitjana europea d'home i dona 70.5 kg [56], [57] i afegint 5 kg de càrrega. Aquest 5kg estan sumats al pes del pilot pensant que el pilot quan puja a la moto portarà el pes de la roba, més una motxilla, bossa, o càrrega similar.

### Els resultats són els següents:

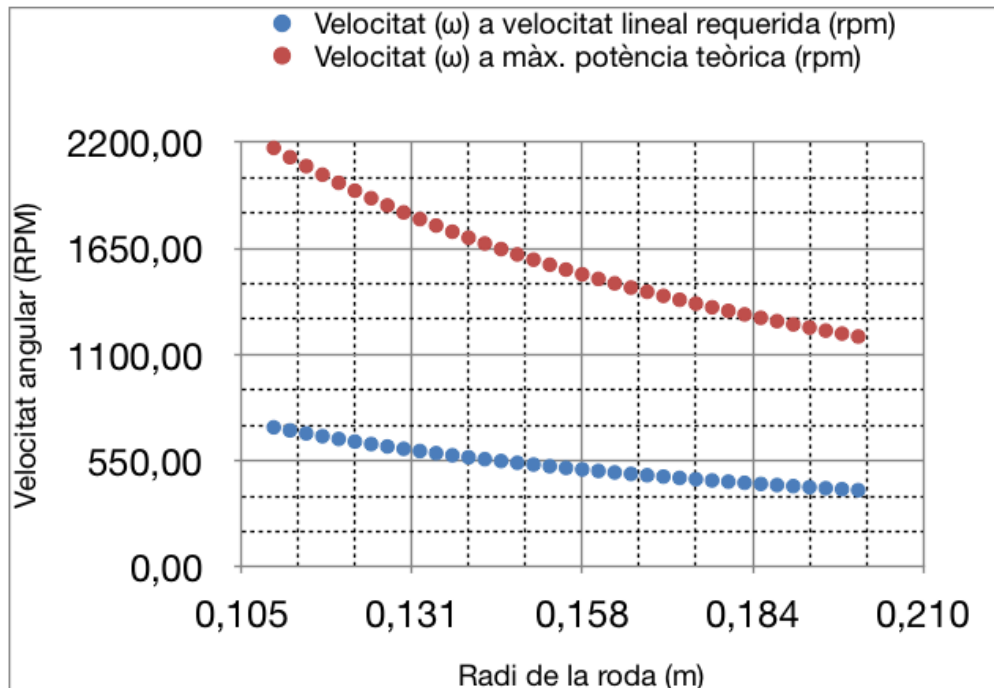
Ha de quedar clar que el parell teòric és el que ha de ser més alt, ja que és el parell que es calcula en les condicions de màxim rendiment de la moto, és a dir, amb una velocitat de 45 km/h. Si la nostra recta de parell experimental superés a la del teòric, tindríem un problema, ja que voldria dir que alguna cosa no estaríem fent bé.

Les conclusions extretes dels càlculs, que podem veure en l'Annex B.1, i vistes en la il·lustració 22, és que a major radi major parell.



Il·lustració 22: Gràfic variació del radi vs. parell

Il·lustració 23: Gràfic variació del radi vs. velocitat angular



Amb aquesta peculiaritat podem veure que els càlculs són encertats, ja que estem veient que a major distància del centre de l'aplicació de la força, major és el parell necessari i, això, físicament és correcte.

També podem veure que, seguint la mateixa tònica, l'altre valor relacionat amb el parell del motor és la velocitat que si podrà aplicar. En aquest cas, a major parell menor velocitat, ja que com més gran sigui la nostra roda més parell necessitarà per moure's i arribar a la velocitat requerida. En la il·lustració 23 podem veure perfectament com la velocitat va disminuint a mesura que el radi augmenta. També si observem en l'Annex B, veure la variació numèrica observada en els gràfics.

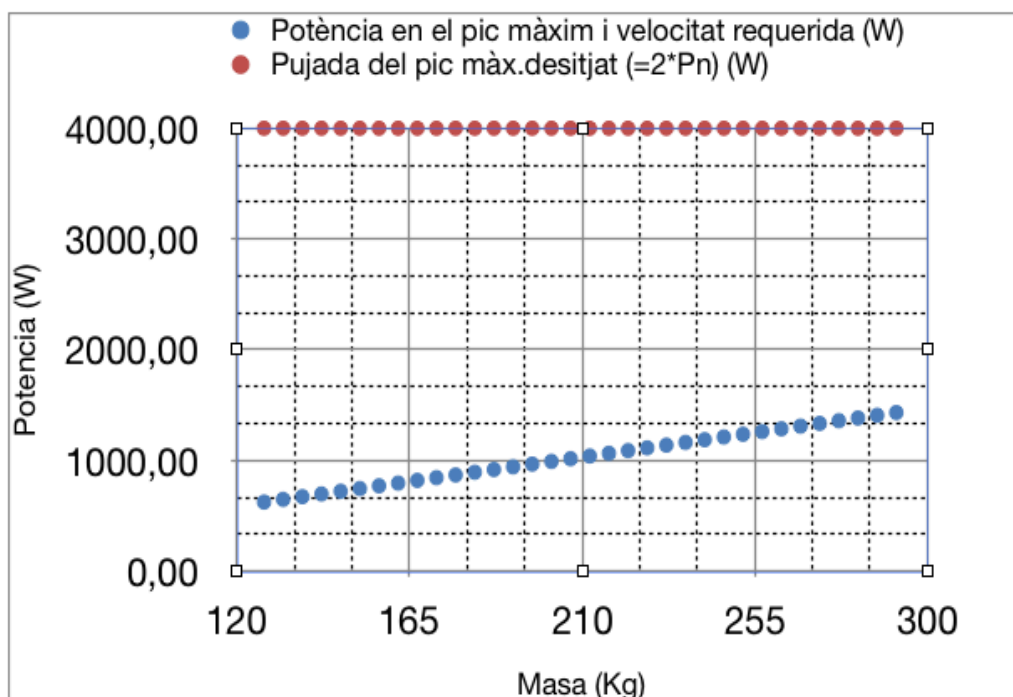
Un cop vista i analitzada la nostra primera hipòtesi podem extreure, per continuar, que un bon valor mitjà és un diàmetre de 14" que és l'equivalent a 0,356 m (és a dir, un radi de 0,178 m). A partir d'aquí utilitzarem en els nostres càlculs sempre el mateix radi (0,178 m) per tal d'anar ajustant el nostre disseny de motor.

#### 5.2.4. Resultats de la segona hipòtesi: Pes

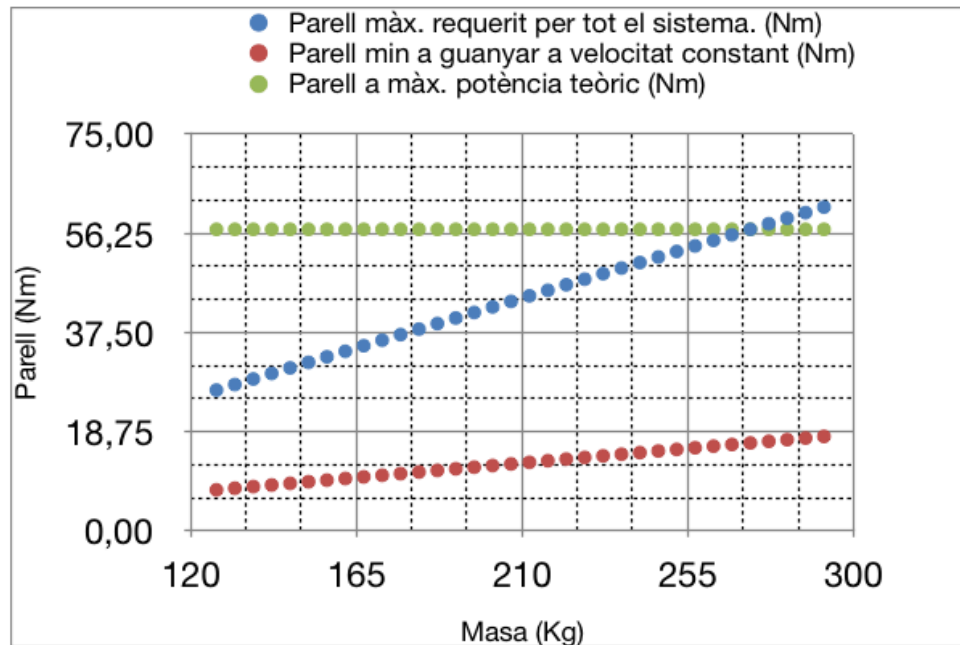
En la següent hipòtesi agafarem un radi de roda constant de 0.178 m, com hem dit anteriorment i, tot seguit, mirarem com varia el pes des de 40 kg.

En aquest punt, podem observar com es comporta el motor en les il·lustracions 24 i 25.

En aquesta hipòtesi podem veure que variant el pes, arriba un punt que el nostre motor experimental supera el parell teòric que pot arribar a fer a màxim rendiment. Aquest serà, en el nostre cas, el límit de pes que podrem afegir-li a la moto per tal que funcioni a un rendiment acceptable. Així doncs podem veure, tant en el full de càlcul de l'Annex B.2. com en la il·lustració 24, que aquest valor són els 272 kg. Recordem que correspon a la suma de la moto, 87 kg i el pes del pilot.



Il·lustració 24: Gràfic variació del pes vs. potència



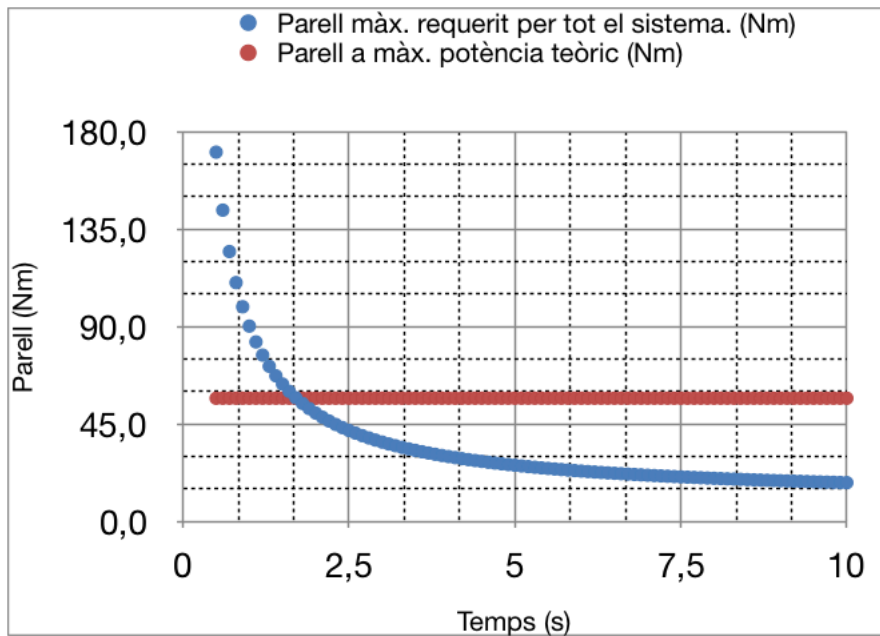
Il·lustració 25: Gràfic variació del pes vs. parell

Per altra banda podem observar que el pic de potència en els 272 kg és de 1333,57 W, per tant, no tindrem cap problema amb la potència necessària per al motor.

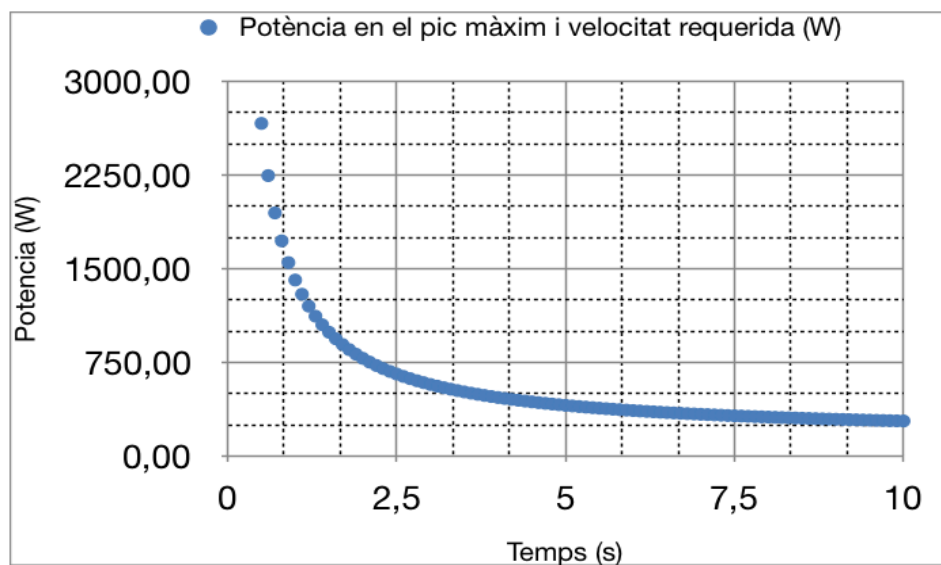
Cal recordar que la normativa ens marca que una motocicleta tindrà una potència de 2kW amb pics de potència controlada de 4kW. Per tant, haurem de limitar la nostra moto perquè compleixi aquest requisit.

### 5.2.5. Resultats de la tercera hipòtesi: Acceleració

En la tercera hipòtesi hem deixat fixat el pes amb el mateix valor que a l'anterior, a 75,5 kg, un pendent desfavorable de l'1%, amb el radi de roda de 0.178 m i hem mirat la variable temps: què ens implicarà a la nostra potència de motor i en el parell. Ho hem analitzat des dels 0.5 s fins als 10s per arribar a la velocitat de 10 km/h, podem veure en les següents il·lustracions 26 i 27 com es comporta la moto a més podem veure en Annex B.3 els resultats numèrics de cada instant de temps:



Il·lustració 26: Gràfic variació del temps vs. parell

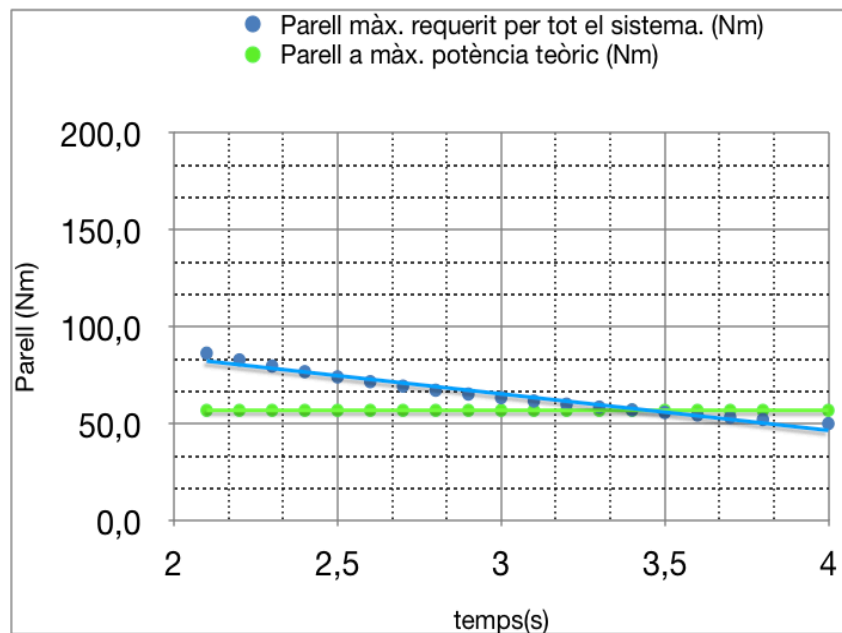


Il·lustració 27: Gràfic variació del temps vs. potència

Podem observar que en la següent hipòtesi el que ens interessa és buscar el moment màxim de potència per tal de poder saber quant temps tardarem a posar la moto en funcionament a una certa velocitat, d'aquí podríem extrapolar els valors i, si tarda 1,8 s a posar-se a 10 km/h, tardarà 3.5 s a



arribar als 20 km/h, ja que després no sortirà de parat i la seva velocitat inicial serà diferent, podem veure en el il·lustració 28 la relació velocitat temps per arribar als 20 km/h.



*Il·lustració 28: gràfic variació del temps vs. parell*

Per tant, les conclusions que en podem treure és que a condicions perfectes, sense accés de pes i sense pendents, podem esperar que la nostra moto reaccioni dels 0 als 10km/h en 1,8 segons. Ara bé, si variem les condicions “perfectes” aquesta acceleració de sortida també serà difícil d’aconseguir. Per això, si mirem la resta d’hipòtesis, podem veure que hem agafat un valor d’acceleració més baix, ja que si no li estàvem afegint massa parell d’arrancada al nostre motor amb condicions adverses.

Si a partir d’aquí mirem com reacciona la nostra moto, tindrem una acceleració continuada fins als 3,5 segons que aconseguirà els 20 km/h. Aquesta velocitat màxima bé determinada pel nostre parell màxim que pot agafar la moto. En el nostre cas, si veiem la taula de l’Annex B.4., i la il·lustració 28, podem apreciar com per prestacions del nostre motor de parell màxim no podem exigir-li més.

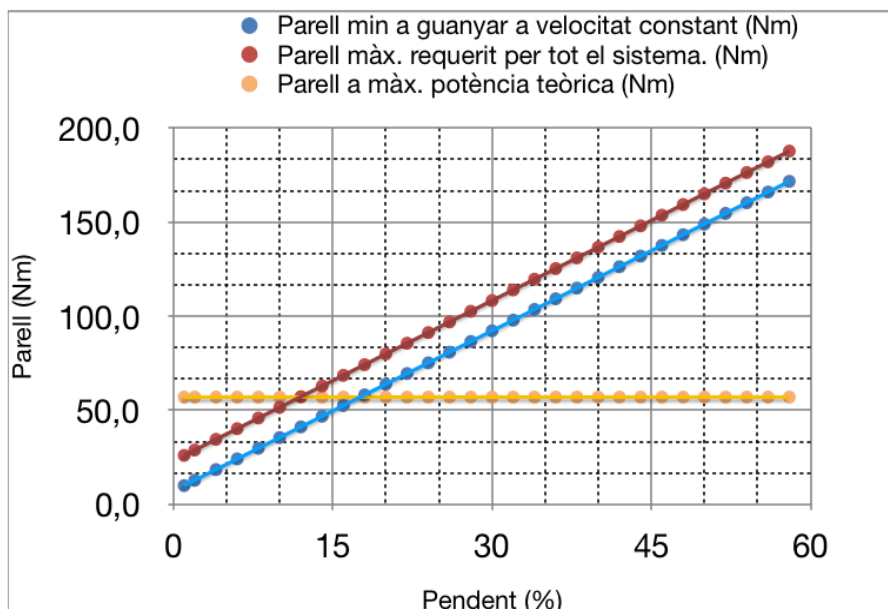
### 5.2.6. Resultats de la quarta hipòtesi: Pendent

En la quarta hipòtesis hem deixat el radi de 0.178 m i un pes estàndard de 75,5 kg, també hem deixat fixat el valor d’acceleració temps a 5s.

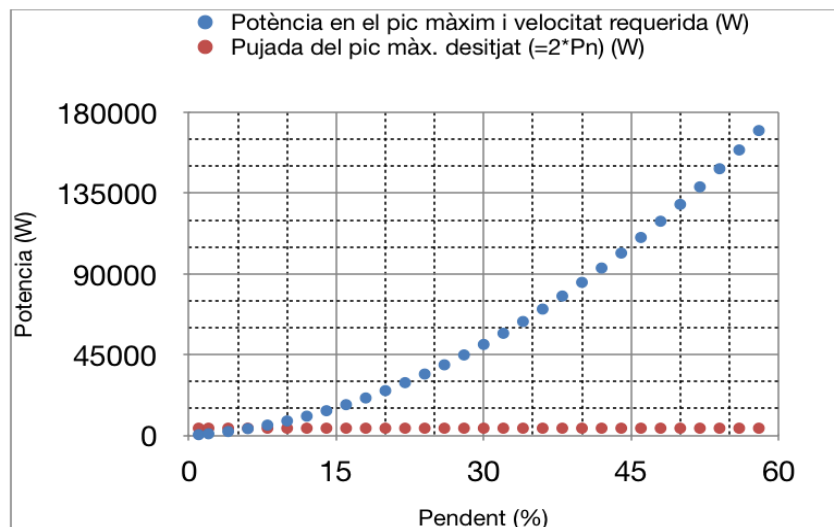
En aquest cas, podem veure que la moto aconseguiria avançar fins a un pendent del 4%. Si es trobés un pendent superior a aquesta, amb les prestacions definides en les diferents hipòtesis, la nostra moto ja no avançaria amb normalitat, entenem com a tal accelerar de 0 a 10km/h en 5s i agafa una velocitat màxima de 45km/h

Ara bé, si portés menys pes o canviéssim el radi, la nostra moto podria suportar un pendent més elevat.

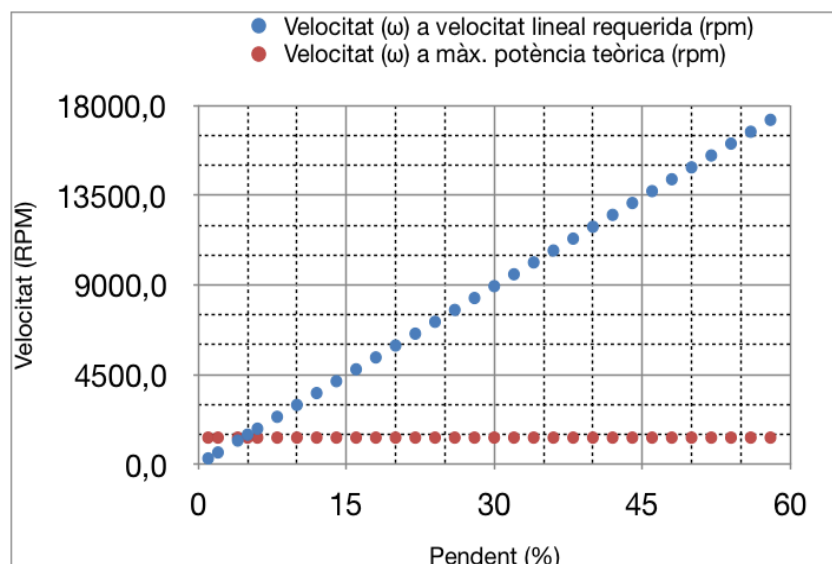
En la quarta hipòtesi afegim un pendent, aquesta seria la condició menys favorable pel nostre motor. A continuació podem veure en els gràfics de les il·lustracions 29, 30 i 31 com es comportarà el nostre sistema.



*Il·lustració 29: Gràfic variació del pendent vs. parell*



Il·lustració 30: Gràfic variació del pendent vs. potència

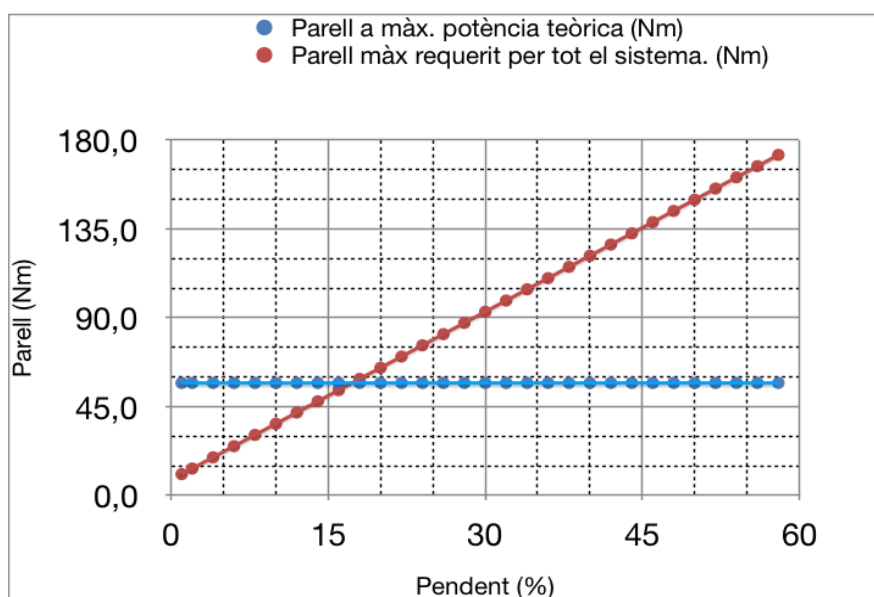


Il·lustració 31: Gràfic variació del pendent vs. velocitat

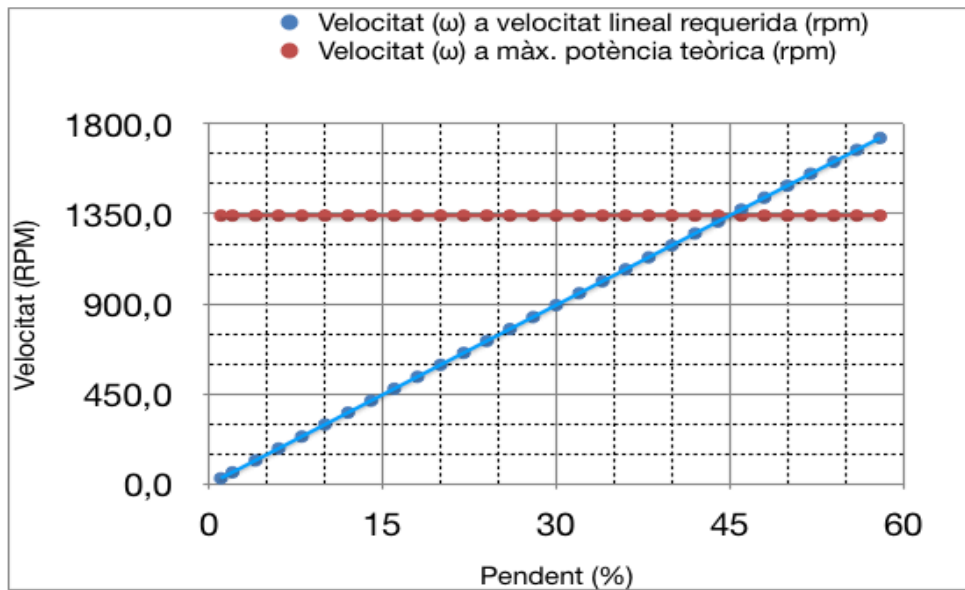
Com podem veure, amb les dimensions que li hem donat i amb la velocitat que ens agradaria tenir de sortida, amb una acceleració als 10 km/h de 5 segons podríem aconseguir fins a un pendent d'un 4%. Després de superar aquest pendent no vol dir que la nostra moto no pogués pujar un pendent superior, el que vol dir és que amb les condicions establertes no es podrien donar. Dit d'una altra manera, si el pilot fa servir la moto en pendents inferior al 4%, no notarà cap disminució en l'acce-

leració respecte si accelera sense pendent. Un cop la moto intenti arrencar des d'un pendent superior a 4% ho podrà fer, però hi haurà una acceleració de sortida més lenta. Podem mirar, variant els valors dels nostres càlculs, fins a quin pendent seria capaç d'arrencar la moto.

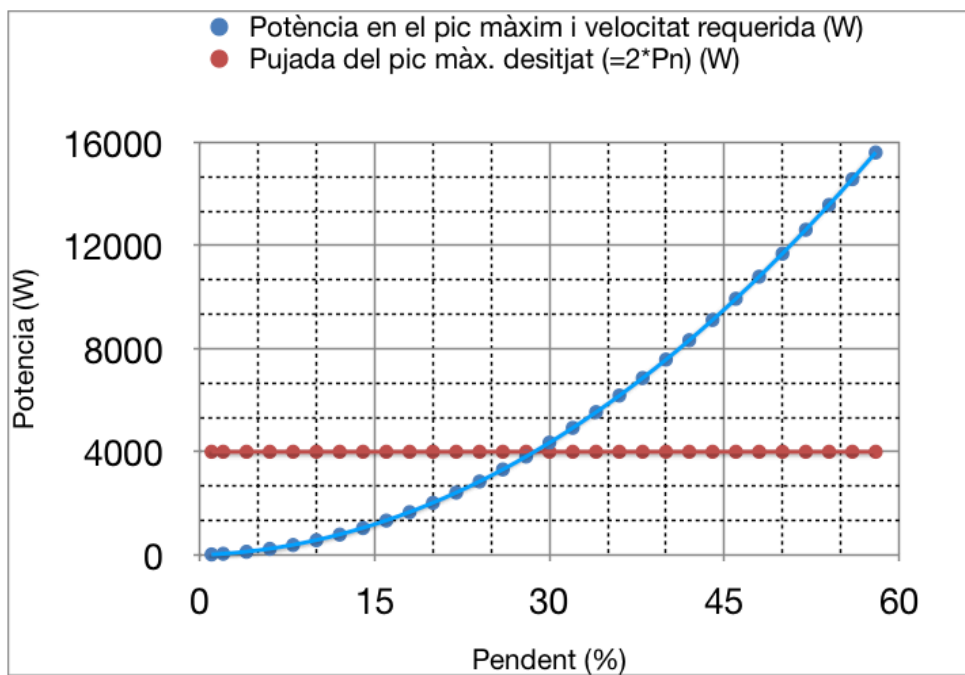
Per fer la comprovació variàrem la velocitat, posant-ne una que sigui mínima i també modificant el temps d'acceleració, així en les il·lustracions 32, 33 i 34 podem veure com la moto pot arrencar fins a un pendent del 28%. També podem trobar els resultats de les gràfiques dintre l'annex B.5 i B.6.



Il·lustració 32: Gràfic variació del pendent vs. parell



Il·lustració 33: Gràfic variació del pendent vs. velocitat



Il·lustració 34: Gràfic variació del pendent vs. potència

Un cop analitzades les diferents situacions ens podem fer una idea molt més clara de quines dimensions tindrà el nostre motor a instal·lar i quin serà el seu radi. I, per suposat quines seran les seves prestacions.

El nostre motor a roda tindrà els valors teòrics que hem establert ja des del principi de l'estudi. Aquests valors són; una potència de 2kW amb pics de 4kW, unes revolucions per minut de 1341,2 i un parell de torsió de 57 Nm. També, juntament amb aquestes dades i, per enllaçar amb els següents punts de dimensionament, hem estat buscant informació del pes teòric i aproximat d'un motor a roda, amb iguals característiques que hem estat treballant. Aquest pes oscil·la entre els 13-17 kg, pel que en els estudis de dimensionament farem servir un pes de 15kg.

## 5.3 Estudi del nou disseny de la moto amb CREO paramètrics

A continuació, per finalitzar el nostre estudi farem servir un programa anomenat CREO Paramètrics. Aquest és un CAD que s'utilitza molt en la indústria per tal d'estudiar, dissenyar i optimitzar els productes per aconseguir les peces desitjades.

Amb aquest programa es poden fer molts estudis; de forces, pressions, rendiment, dinàmics o estàtics. A més, podem extreure les dades dels estudis en format Excel i, un cop finalitzat el nostre estudi, podrem fer els plànols propis del nostre nou producte. És una gran eina de treball en el món laboral.

Pel que fa al nostre treball, el que utilitzarem del programa seran les instruccions bàsiques per fer les diferents peces i una funció que ens permet entrar els pesos que cada peça ha de suportar per veure el comportament global del sistema. Això ens permetrà veure quins són els punts flacs i si hi ha un possible punt per on trencarà.

A més, també ens servirà per tenir una visió més clara del que ens agradaria redissenyar.

La metodologia que seguirem serà: dibuixar en 3D les nostres peces i assemblar-les en un producte final que serà la moto elèctrica. A continuació, farem el mateix, però canviant les parts de la moto elèctrica per les de combustió. Un cop fet aquest treball previ podrem veure com canvia el nostre sistema respecte a l'actual, com podem millorar-lo o quins punts hem de tenir en compte per un redisseny de la moto.

Hem de tenir en compte que l'estudi serà enfocat a la moto Piaggio liberty 50cc, ja que li haurem entrat les dimensions i pesos de la seva fitxa tècnica. Però el fet de redissenyar i fer un canvi de combustió a elèctrica, es pot extrapolar molt bé en altres motos amb les prestacions similars perquè el que analitzem en aquest punt del treball són els canvis mecànics que patirà un producte vers el nou.

## 5.4. Càlcul del pac de bateries a instal·lar

Un cop fet l'anàlisi anterior de les diferents bateries que existeixen, hem estat buscant la millor opció comercial pel nostre producte per tal d'encabir-lo a la nostra moto.

El problema de fer un redisseny és que tenim les dimensions molt acotades, ja que molts productes tenen geometries i dimensions ja establertes i costa més ajustar-les a on volem instal·lar-les.

Pel nostre dimensionament i instal·lació hem optat per una empresa espanyola que fa les bateries a mida. Aquesta botiga és tutiendaenergetica [58]. Allà podem trobar la bateria per la qual ens hem decantat; de Ion-liti, com hem esmentat anteriorment, amb un pes aproximat de 5kg.

Per muntar aquest pac tenim dues opcions:

1. En la part on anteriorment teníem el dipòsit de la moto.
2. Ubica el pac bateries en la part de la base de la moto, per sota els peus del pilot un cop aquest està assentat. Això implicaria un redisseny més notori.

El fet de posar-la en la primera opció implica menys feina a l'hora de fer el redisseny de la moto, ja que simplement s'ha de treure la part del dipòsit i acoblar la part de les bateries. En canvi, per fer la segona opció hauríem de canviar tots els plàstics i terres de la moto, fent un estudi de duresa dels diferents materials de la part inferior de la moto per assegurar que davant de possibles cops o rascades, el pac de bateries no es veiés afectat.



## **5.5. Redisseny de la moto, tenint en compte la mecànica i centre de gravetat amb la instal·lació del motor i bateries.**

Un cop fets tots els càlculs de com actuarà la nostra moto depenent de les diferents hipòtesis que es donin, podem veure quin tipus de motor necessitem i fer un dimensionament a través de CREO paramètrics.

Per dur a terme aquesta part del projecte, eliminarem la part de combustió de la moto i hi instal·larem la part de components necessaris perquè la moto sigui elèctrica.

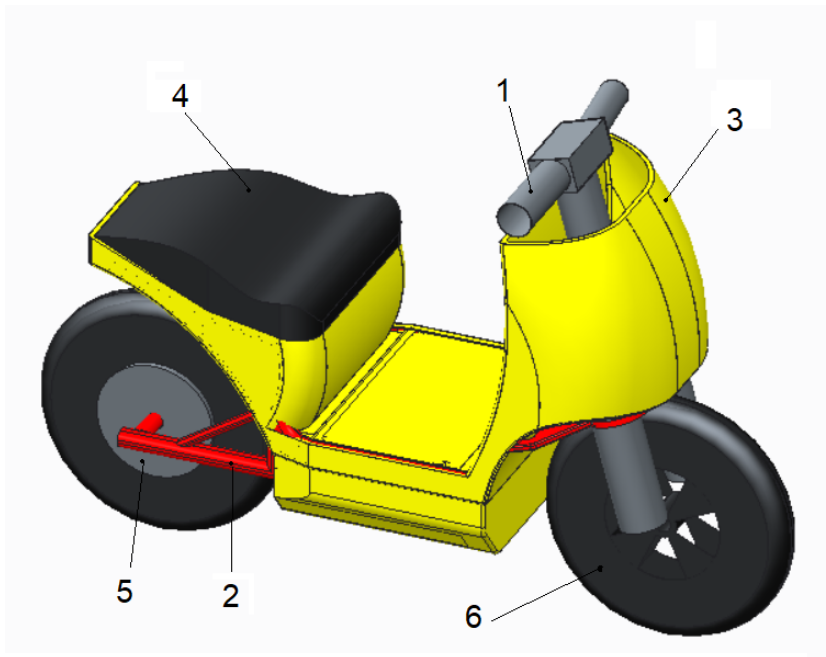
Aquests passos vindran donats primerament per la necessitat de crear la nostra moto en 3D per tal de poder treballar amb ella i, a continuació, fer les diferents modificacions oportunes per obtenir el nou producte.

### **5.5.1. Presentació de la moto elèctrica dimensionada amb CREO**

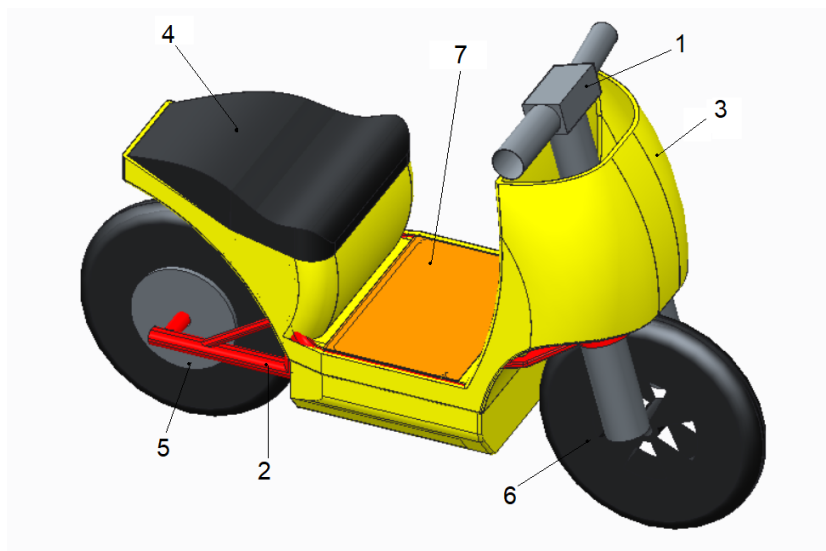
Com podem veure en les següents il·lustracions (35 i 36) hem dimensionat les parts fonamentals de la moto elèctrica, pensant dos redissenys. El primer amb el pac bateries situat on tindríem el dipòsit de la moto de combustió i el segon plantejament contempla la instal·lació del pac bateries en la base de la moto.

Amb aquests dos dimensionaments i el de la moto de combustió, que presentarem en el següent punt 4.4.2., podrem fer una anàlisi de l'estructura del xassís i observar com varia en cada cas.

Els components dimensionats són representacions simplifiades, ja que centrarem el nostre estudi en el xassís i, en ell entrarem les forces que hi actuen per veure com reacciona en els diferents casos:

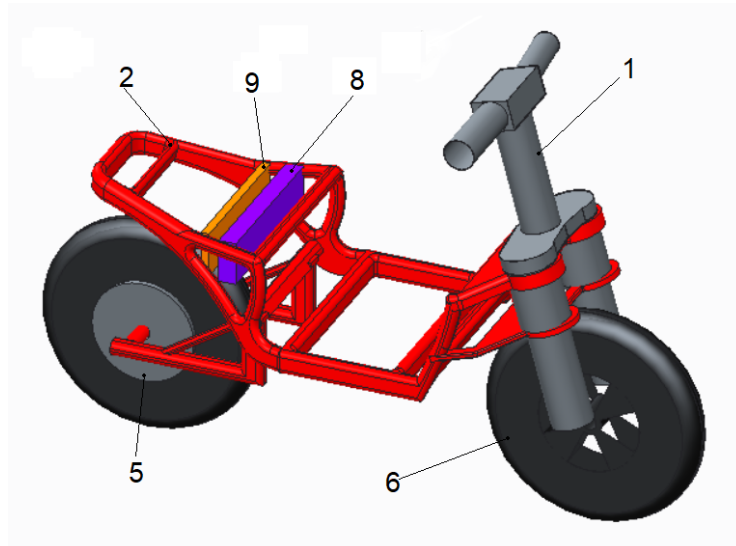


*Il·lustració 35: Representació de la moto elèctrica primera opció*

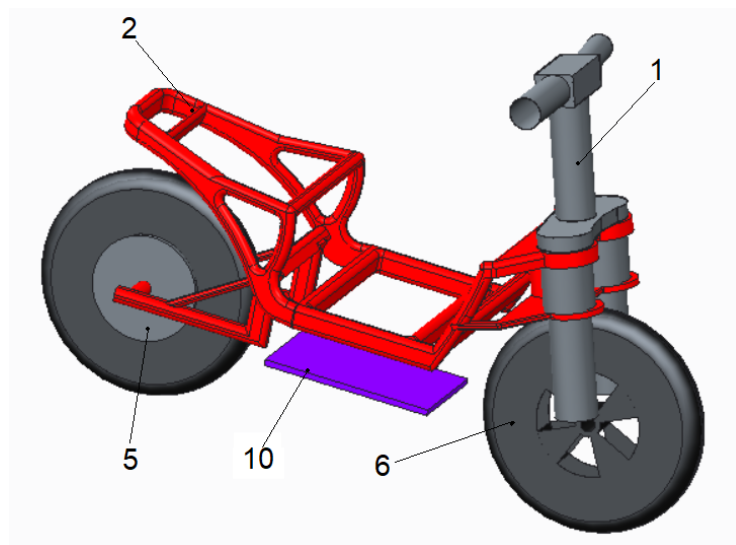


*Il·lustració 36: Representació de la moto elèctrica segona opció.*

En les següents il·lustracions 37 i 38 podem veure el conjunt de la moto creada sense els recobriments de plàstic que formarien la carcassa de la moto:



*Il·lustració 37: Representació de la moto elèctrica primera opció. Sense carcassa*



*Il·lustració 38: Representació de la moto elèctrica segona opció. Sense carcassa*

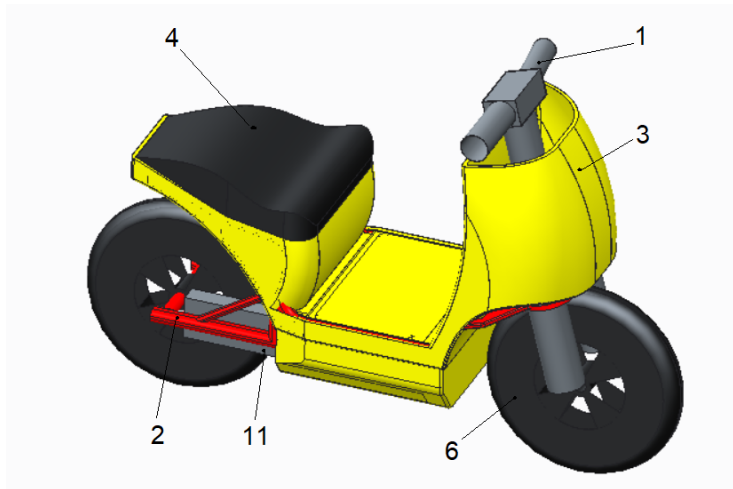
Si observem els diferents components enumerats en les il·lustracions, 37 i 38, podem veure els components que conformen el nostre sistema:

- 1 Grup direcció i suspensió davantera.
- 2 Xassís
- 3 Carcassa.
- 4 Seient.
- 5 Motor a roda.
- 6 Grup roda.
- 7 Metacrilat segona opció.
- 8 Pac bateries primera opció.
- 9 Metacrilat primera opció.
- 10 Pac bateries segona opció

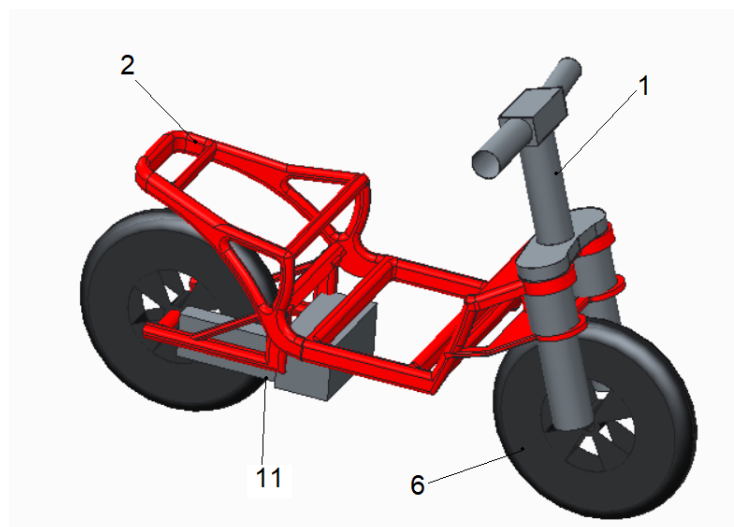
A partir d'aquí, s'obren moltes opcions d'estudi dels nous models. En el cas que ens ocupa, ens hem volgut enfocar en fer un primer estudi de forces i desplaçament en el xassís que veurem en els següents punts, després de veure la representació de la moto de combustió.

### **5.5.2. Presentació de la mateixa moto elèctrica però amb combustió a CREO**

Tot seguit, en les il·lustracions 39 i 40, igual que en l'apartat anterior, hem dimensionat la mateixa moto, però aquest cop eliminant la part elèctrica i muntant la part de combustió que li pertocaria. D'aquesta manera podrem analitzar i comparar directament el canvi de distribució de pesos en ambdós productes.



*Il·lustració 39: Representació de la moto de combustió*



*Il·lustració 40: Representació de la moto de combustió sense carcassa*

Si observem els diferents components enumerats en les il·lustracions anteriors, 39 i 40, podem veure els components que conformen el nostre sistema:

- 1 Grup direcció i suspensió davantera.
- 2 Xassís
- 3 Carcassa.
- 4 Seient.
- 6 Grup roda.
- 11 Grup motor més transmissió

### 5.5.3. Anàlisi dels dos dimensionaments

Com podem veure, en els apartats 4.4.1 i 4.4.2 hem dimensionat la nostra moto elèctrica i després hem fet el mateix procés amb la motocicleta de combustió. Aquest doble dimensionament ens ajudarà a analitzar, amb més exactitud, com canviarà mecànicament un sistema respecte l'altre.

En aquest punt del treball en concret, parlarem de les diferències entre els tres models representants de motocicletes, per tal de ser més exactes a la representació hem dimensionat les peces de manera que els seus pesos siguin similars els d'una moto real.

Hem estat buscant els pesos dels principals components per ser el màxim realistes.

Per començar, cal destacar que els tres sistemes estan analitzats de manera estàtica. Si fem un estudi dinàmic, el sistema canviaria. S'ha fet de forma estàtica, ja que, en cas contrari, hi hauria moltes variables no controlables. De totes maneres, aquestes variables afectarien per igual als tres sistemes.

En primer lloc, podem observar, en les il·lustracions 41, 42 i 43 com els centres de gravetat i moment d'inèrcia variaran notablement d'un sistema a l'altre. També veurem que el pes total de la moto no varia gaire.

```
VOLUMEN = 8.7819568e+07 MM^3
ÁREA DE SUPERFICIE = 2.5075591e+07 MM^2
DENSIDAD MEDIA = 1.0538549e-03 GRAMO / MM^3
MASA = 9.2549083e+04 GRAMO

CENTRO DE GRAVEDAD respecto al cuadro de coordenadas _MOTO_2:
X Y Z -4.5742098e+00 9.1161329e+01 3.2438349e+02 MM

INERCIA con relación al cuadro de coordenadas _MOTO_2: (GRAMO * MM^2)

TENSOR DE INERCIA:
Ixx Ixy Ixz 3.9796579e+10 -5.1828080e+06 2.4912510e+08
Iyx Iyy Iyz -5.1828080e+06 1.9370073e+10 -6.1796035e+09
Izx Izy Izz 2.4912510e+08 -6.1796035e+09 2.8281608e+10
```

*Il·lustració 41: Dades extretes del dimensionament en creu de la moto elèctrica primera opció*

```
VOLUMEN = 9.0163038e+07 MM^3
ÁREA DE SUPERFICIE = 2.4406773e+07 MM^2
DENSIDAD MEDIA = 1.0380476e-03 GRAMO / MM^3
MASA = 9.3593526e+04 GRAMO

CENTRO DE GRAVEDAD respecto al cuadro de coordenadas _MOTO_3:
X Y Z -3.8461050e+00 1.2340134e+02 2.8868667e+02 MM

INERCIA con relación al cuadro de coordenadas _MOTO_3: (GRAMO * MM^2)

TENSOR DE INERCIA:
Ixx Ixy Ixz 3.9079603e+10 -7.2440519e+06 2.1088861e+08
Iyx Iyy Iyz -7.2440519e+06 1.7436164e+10 -6.3264764e+09
Izx Izy Izz 2.1088861e+08 -6.3264764e+09 2.9665775e+10
```

*Il·lustració 42: Dades extretes del dimensionament en creu de la moto elèctrica segona opció*

```

VOLUMEN = 8.7822096e+07 MM^3
ÁREA DE SUPERFICIE = 2.4139435e+07 MM^2
DENSIDAD MEDIA = 1.0721302e-03 GRAMO / MM^3
MASA = 9.4156719e+04 GRAMO

CENTRO DE GRAVEDAD respecto al cuadro de coordenadas _MOTO:
X Y Z 3.3665220e+00 3.5790239e+01 3.2391809e+02 MM

INERCIA con relación al cuadro de coordenadas _MOTO: (GRAMO * MM^2)

TENSOR DE INERCIA:
Ixx Ixy Ixz 3.2369510e+10 -3.8392611e+08 -1.4849508e+08
Iyx Iyy Iyz -3.8392611e+08 1.9498306e+10 -3.5173462e+09
Izx Izy Izz -1.4849508e+08 -3.5173462e+09 2.1114148e+10

```

*Il·lustració 43: Dades extretes del dimensionament en creio de la moto de combustió*

El principal objectiu pel qual hem decidit realitzar dos models de motocicleta elèctrica, ha estat poder observar com el simple fet de canviar la posició del nostre pac bateries, fa que els centres de gravetat i inèrcies variïn. Així doncs, podem extreure dels primers resultats, que aquesta variació és un punt molt important a l'hora de dimensionar el producte.

Els aspectes a tenir en compte, relacionat amb els centres de gravetat, és la distribució de les càrregues. El fet de canviar mecànicament la moto, introduir unes bateries a la part de la base, eliminar els 6L de dipòsit, eliminar el motor de combustió i afegir el motor elèctric; fa que el centre de gravetat oscil·li notablement cap a la part davantera de la motocicleta i molt més a prop del terra. Això implicarà que la moto tindrà més estabilitat.

Un cop analitzat amb deteniment, considerem que la segona opció de moto elèctrica és la més adequada, ja que centrariem molt més el centre de gravetat de la moto i el posariem més enganxat al terra. Això donaria una millor estabilitat a la moto i control. A més, el fet de centrar-lo faria que les dues rodes treballessin per igual i l'adherència d'elles i fregament contra el terra seria més equitatiu. Igualment, aquesta opció provocaria també que la part de darrere no patís tots els esforços i, per tant, podríem fer un disseny més uniforme en tots els aspectes. A més, no seria necessari reforçar la part posterior de la moto amb més suspensió o unes cobertes o xassís més robusts.

A l'hora de dissenyar la moto, cal tenir en compte que s'ha de fer un bon estudi sobre com reforçar la part inferior de la motocicleta per tal que si hi hagués algun impacte en aquesta part del producte



mentre s'està utilitzat, el nostre pac bateries no rebi l'impacte directe i sigui una xapa metàl·lica la que se l'endugui.

Un altre punt diferencial a analitzar són els pneumàtics. En la moto de combustió, el pes i el centre de gravetat estan ubicats en la part de darrere, fent que la roda posterior treballi molt més i per tant, que sigui més ample i robusta que la davantera, que treballa molt menys.

En el disseny de la moto elèctrica podrem reduir el pressupost de la roda de darrere i equiparar-les molt més, ja que el pes anirà molt més ben repartit.

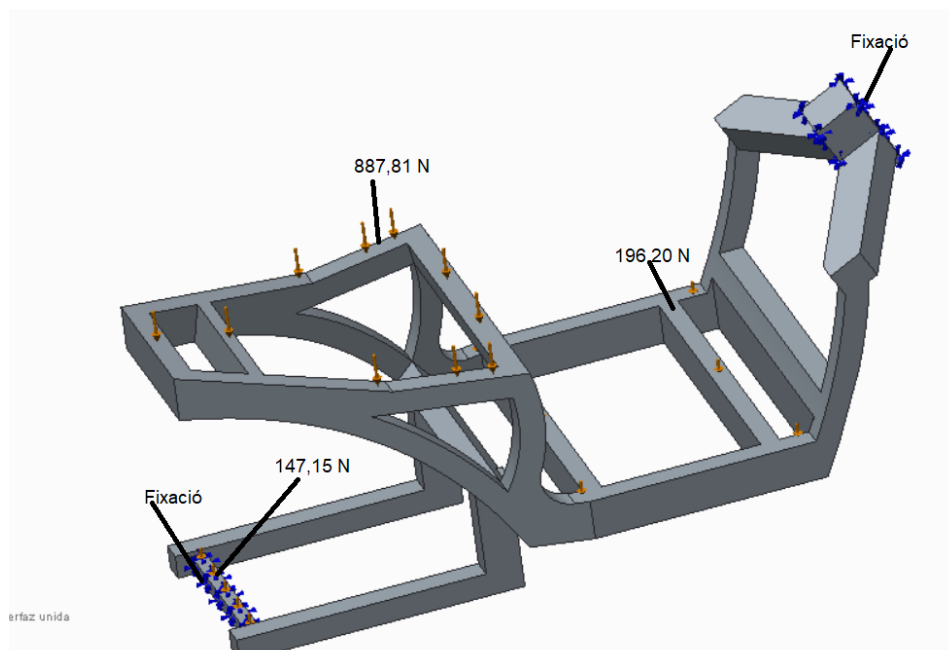
Per continuar amb l'estudi ens centrem en la part de distribució de càrregues del xassís, les càrregues que hem assumit són les que podem veure en la taula 3:

	kg	N
Pes conductor	85,5	838,755
Carcassa	20	196,2
Pac bateries	5	49,05
Motor a roda	15	147,15
dipòsit de gasolina ple	4,32	42,3792
Motor de combustió	23	225,63

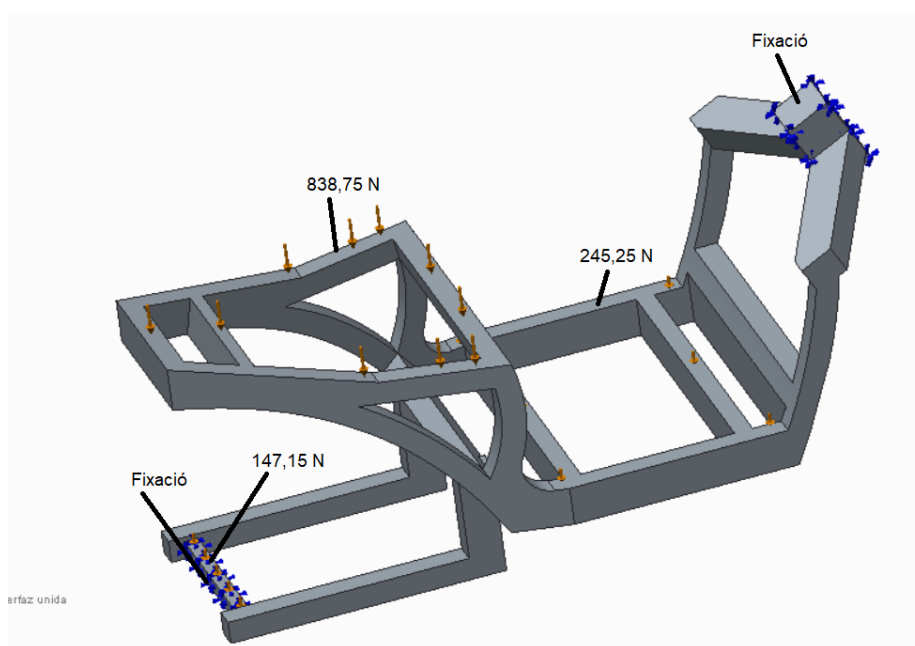
*Taula 3: forces que actuen en el xassís*

Per poder fer el dimensionament de càlculs, hem hagut de simplificar el nostre xassís i l'hem fixat per la part d'on es connectaria amb la roda de darrere i amb la direcció de davant.

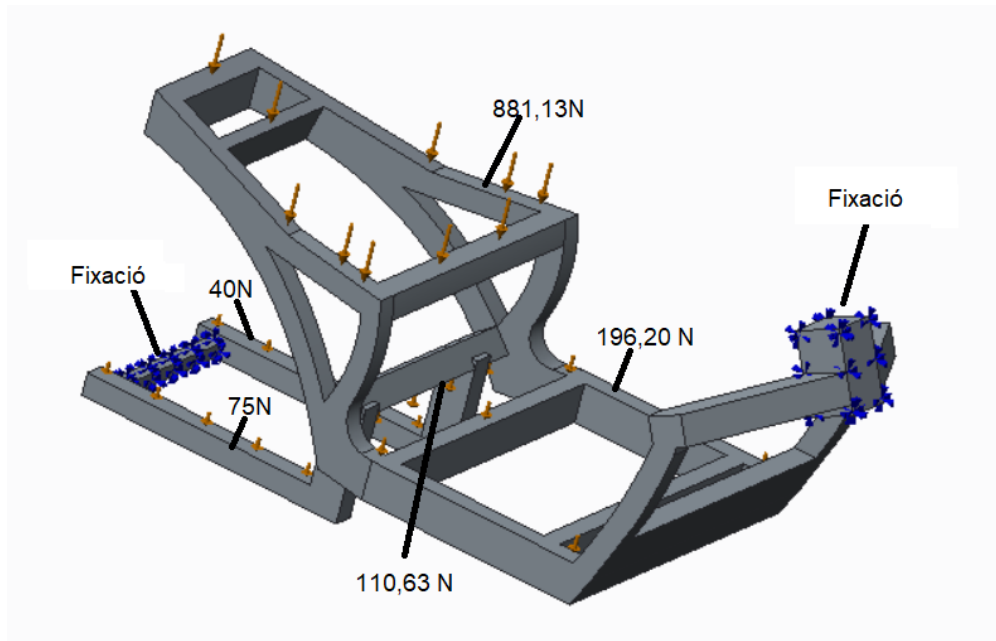
Podem veure els nostres xassís amb les tres distribucions de forces definides en les il·lustracions 44, 45 i 46.



*Il·lustració 44: Forces aplicades al xassís en la moto de combustió*



*Il·lustració 45: Dades extrems del dimensionament en creu de la moto de combustió*

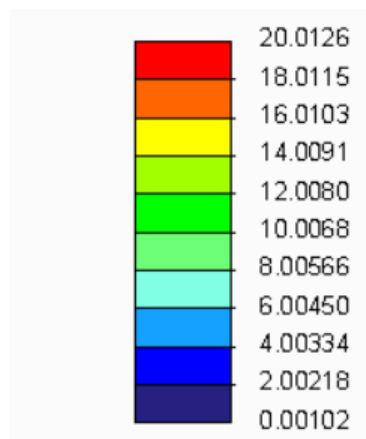


*Il·lustració 46: Dades extrems del dimensionament en creio de la moto de combustió*

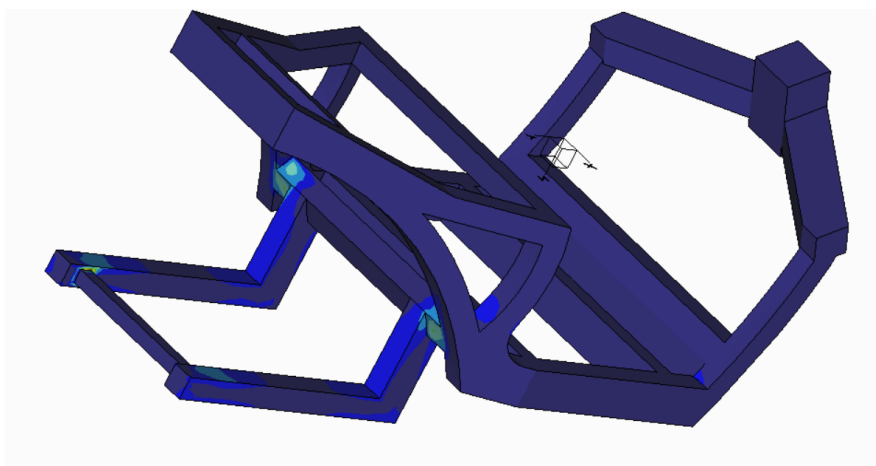
Un cop aplicades les forces en els tres models, buscarem a través de CREO on es concentren els màxims esforços i els desplaçaments. En aquest punt, analitzarem cada xassís per separat per poder analitzar-ho amb més detall.

En primer lloc analitzarem com afecten els pesos en el dimensionament dels dos models de moto elèctrica i després veurem com afecten les forces en la distribució de combustió.

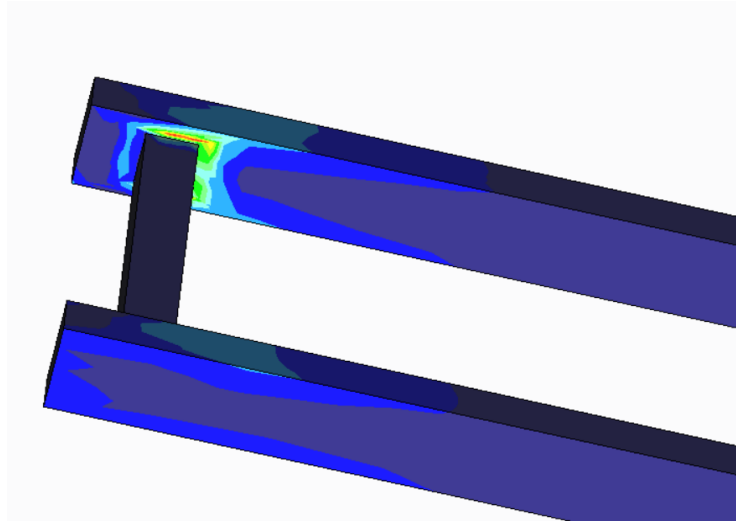
Analitzarem els resultats de la primera opció de moto elèctrica en les lustracions 47, 48, 49, 50, 51. En aquestes podem observar els punts on es creen els esforços màxims per metre quadrat, els resultats els podem veure en Mpa, en la taula 4.



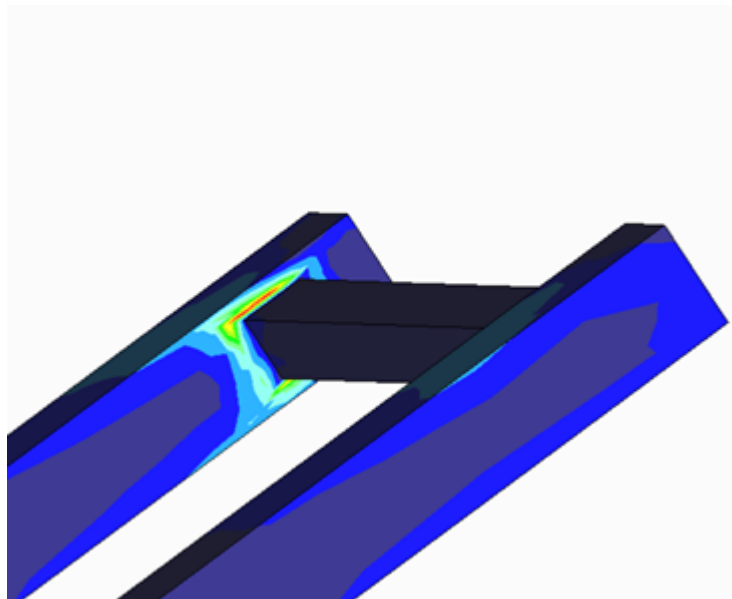
*Taula 4: Esforços en MPa de la primera opció de moto elèctrica*



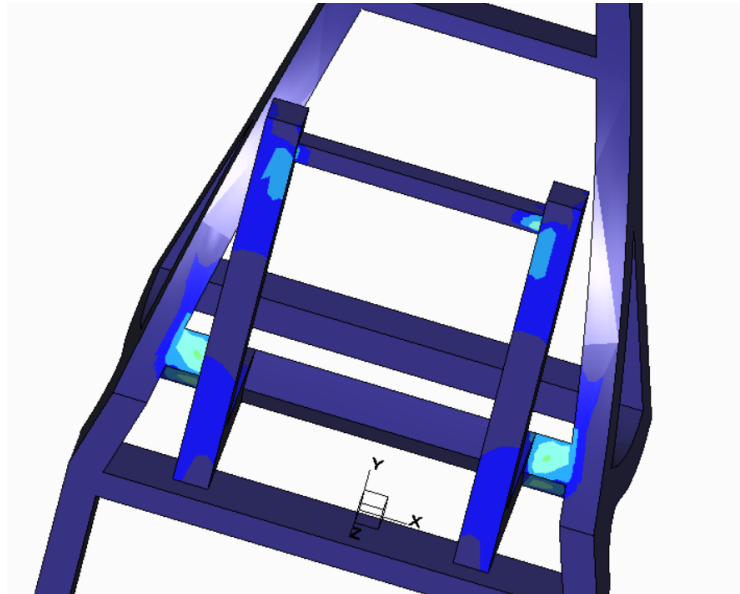
*Il·lustració 47: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 1*



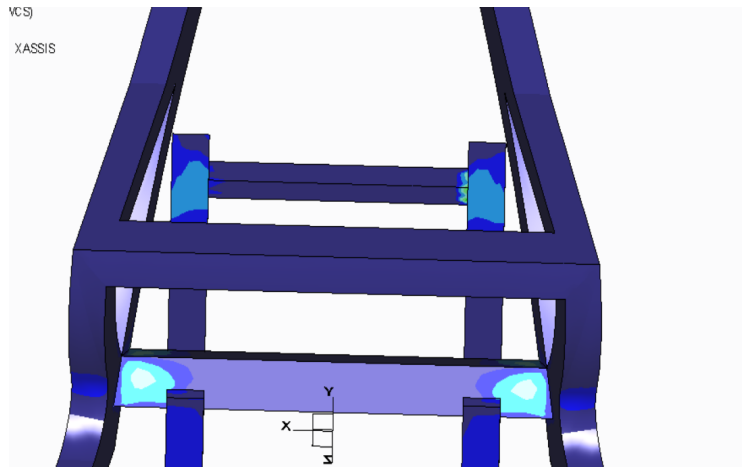
*Il·lustració 48: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 2*



*Il·lustració 49: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 3*



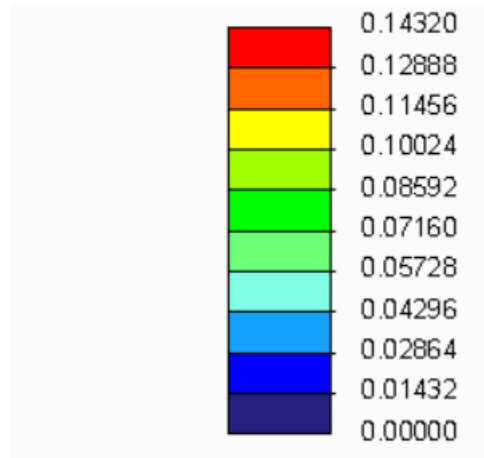
*Il·lustració 50: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 4*



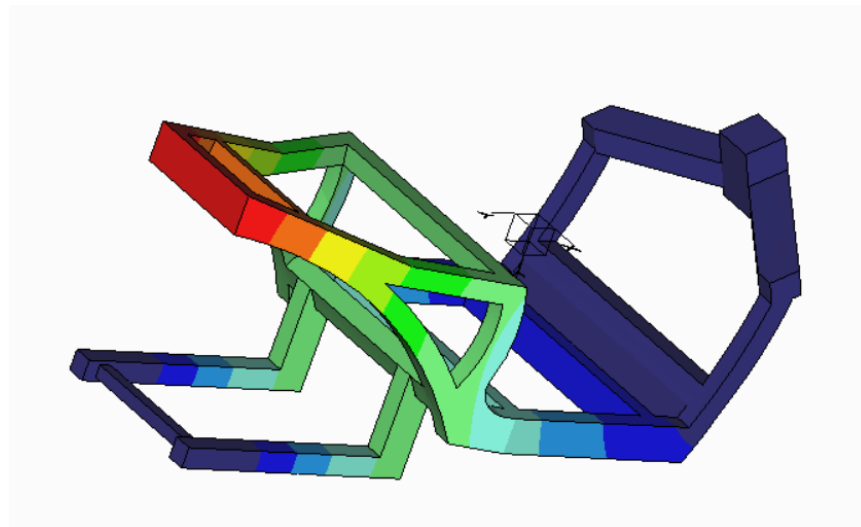
*Il·lustració 51: Resultats d'esforços primera opció de moto elèctrica 5*

Com podem observar, en la connexió del xassís amb l'eix de la roda apareixen grans tensions, així doncs podem deduir que seria en aquest punt on es produiria el trencament.

Tot seguit, en la il·lustració 52 podem veure els desplaçaments, en mm que apreciem en la taula 5, que es crearien en el nostre sistema.

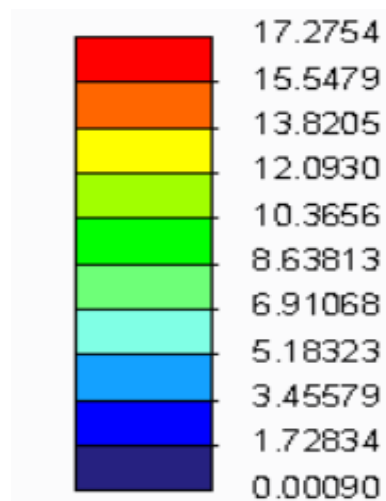


*Taula 5: Desplaçaments de la primera opció de moto elèctrica*

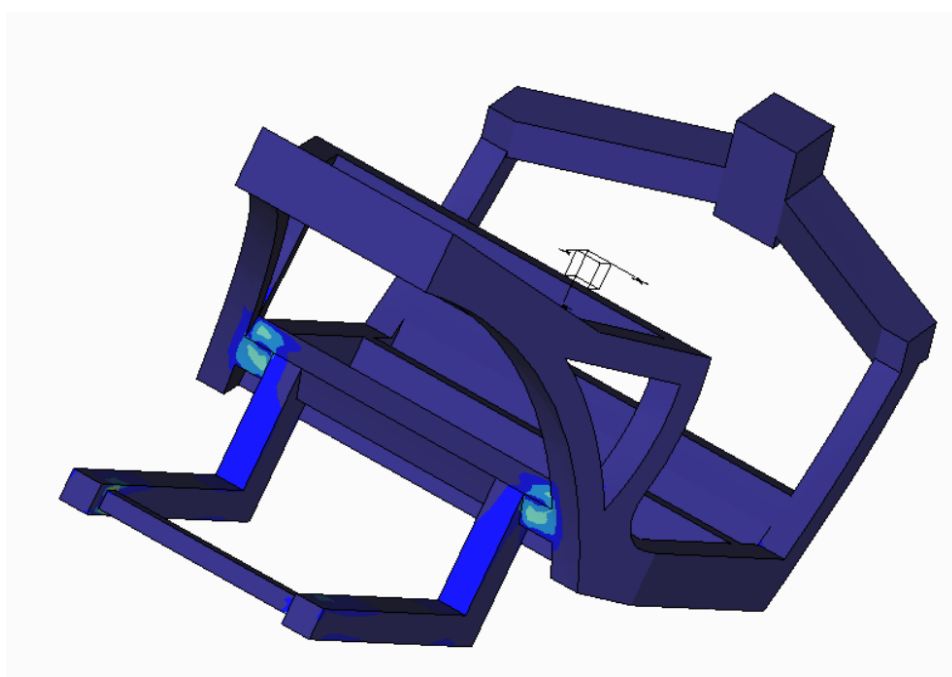


*Il·lustració 52: Desplaçaments de la primera opció de moto*

A continuació, en les il·lustracions 53, 54, 55, 56 i 57 analitzem, de la mateixa manera, la segona opció de moto elèctrica. Podem veure els valors en MPa, a la taula 6.

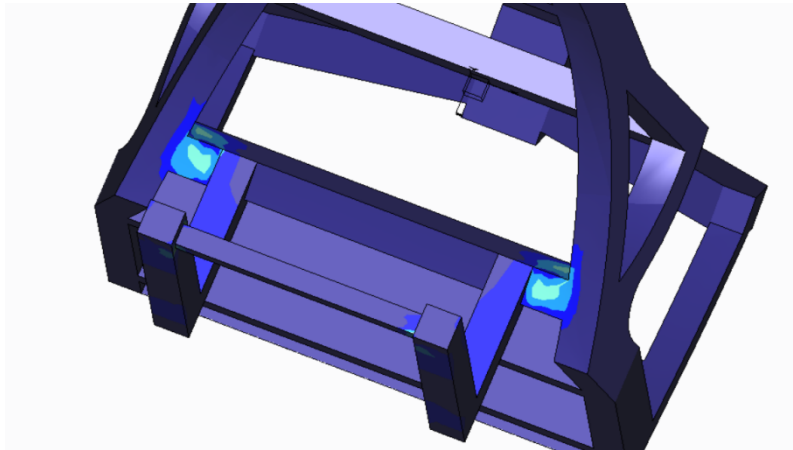


*Taula 6: Esforços en MPa de la segona opció de moto*

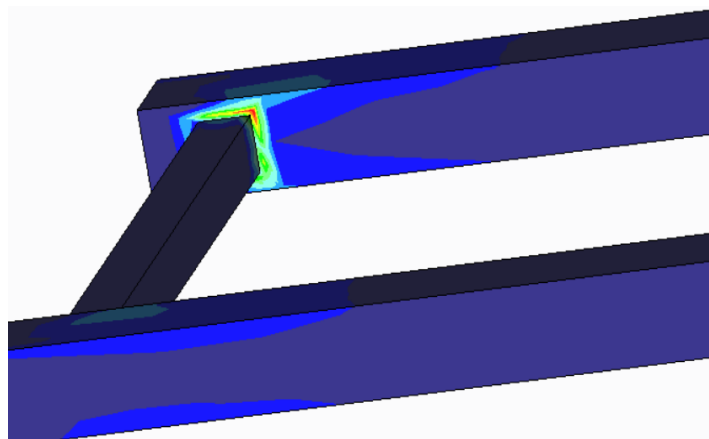


*Il·lustració 53: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 1*

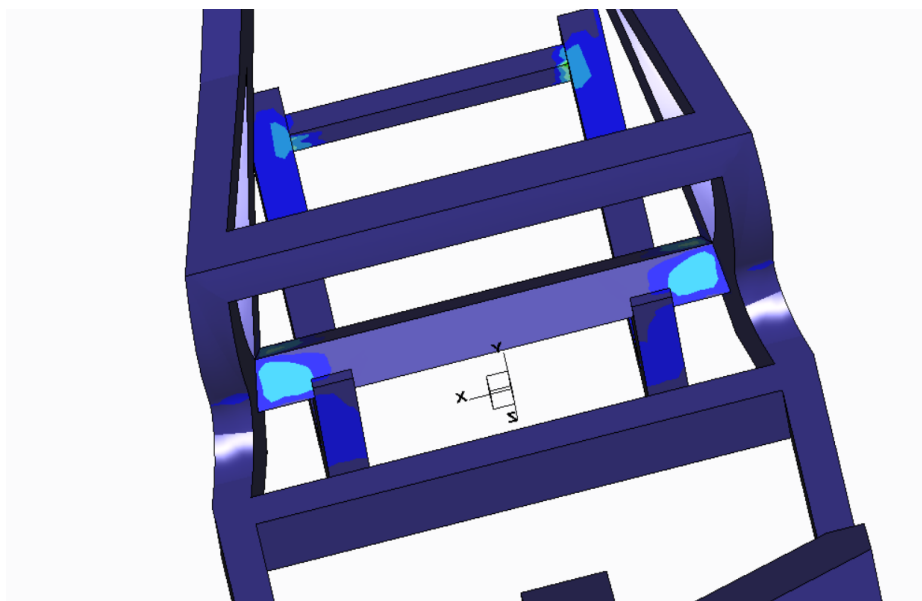




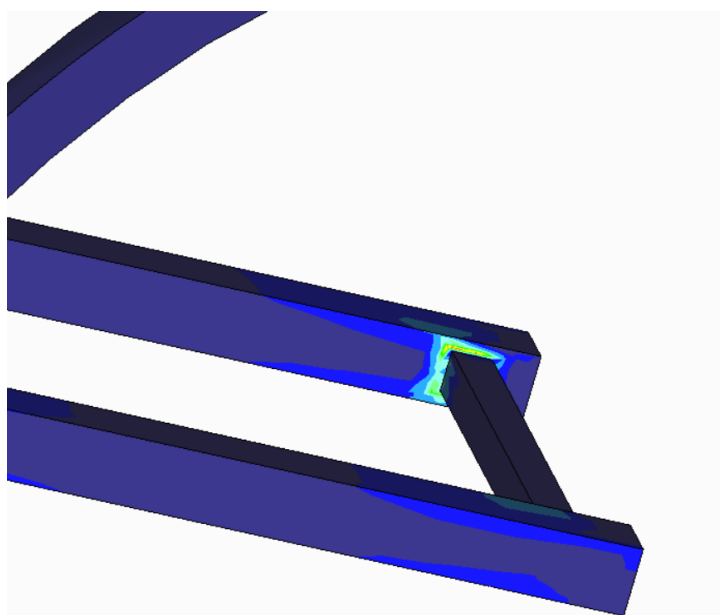
*Il·lustració 54: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 2*



*Il·lustració 55: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 3*



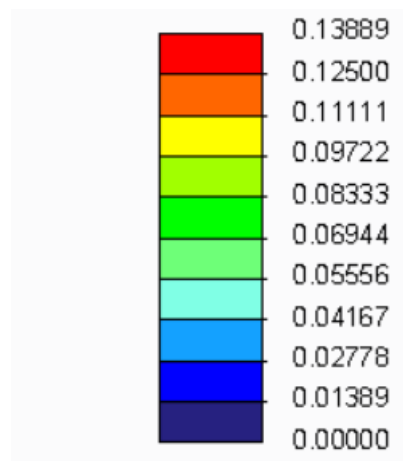
*Il·lustració 56: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 4*



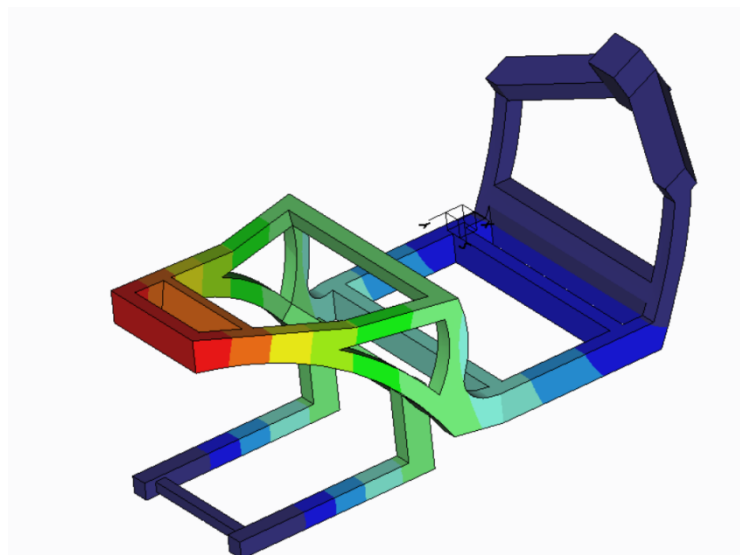
*Il·lustració 57: Resultats d'esforços segona opció de moto elèctrica 5*

Si comparem les il·lustracions dels resultats de la primera hipòtesi amb la segona, podem observar com en l'opció 1 tenim molta més acumulació de forces en el centre del nostre xassís i, com en la segona opció aquests esforços disminueixen pel fet que les bateries estan ubicades a la base de la moto.

Tot seguit, en la il·lustració 58 podem veure els desplaçaments, en mm, associat a la taula 7, que es crearien en el nostre sistema.

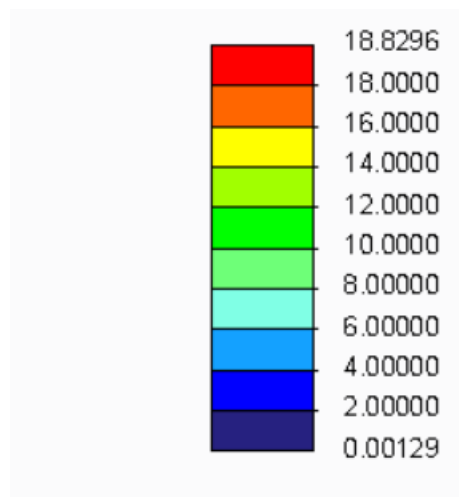


*Taula 7: Desplaçaments de la segona opció de moto elèctrica*

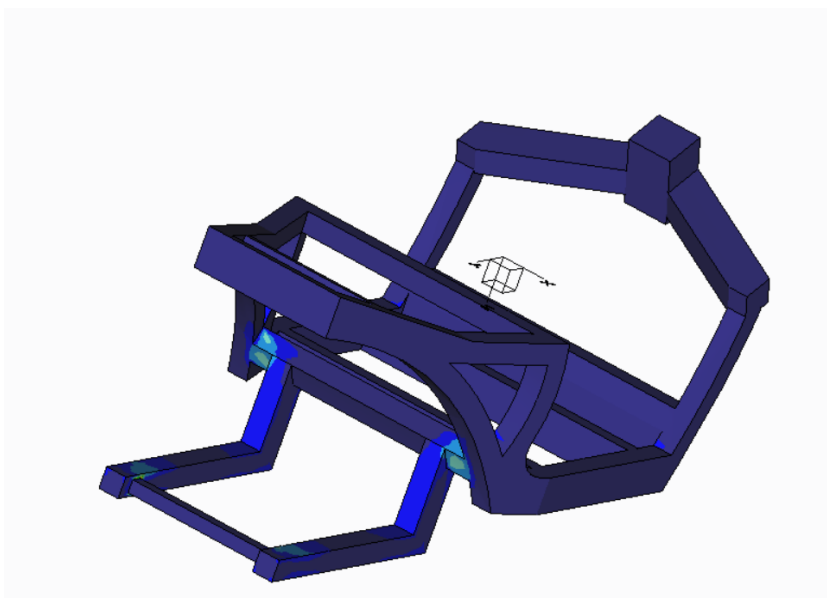


*Il·lustració 58: Desplaçaments de la segona opció de moto elèctrica*

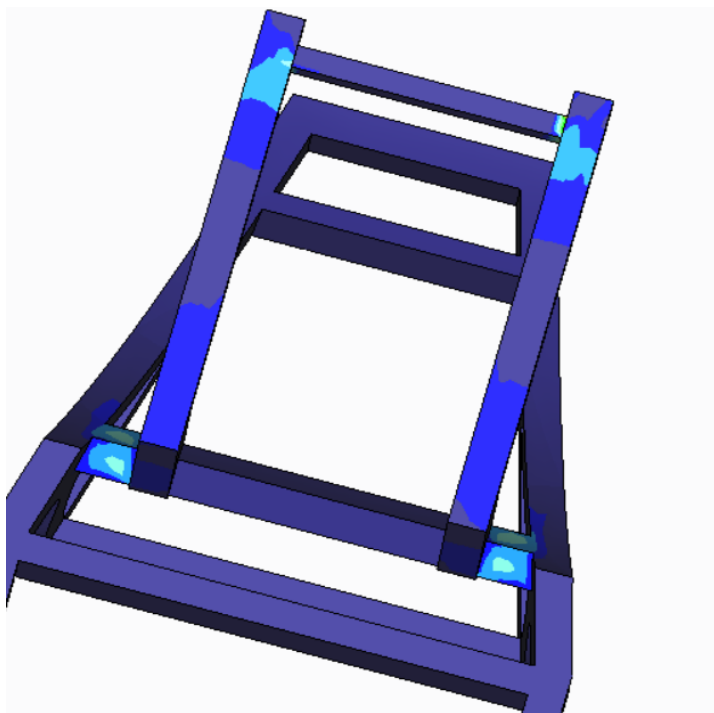
Per últim, analitzarem com són les reaccions de la nostra moto de combustió, en les il·lustracions 59, 60, 61, i 62 veurem els esforços en Mpa, podem veure la relació d'esforços en la taula 8.



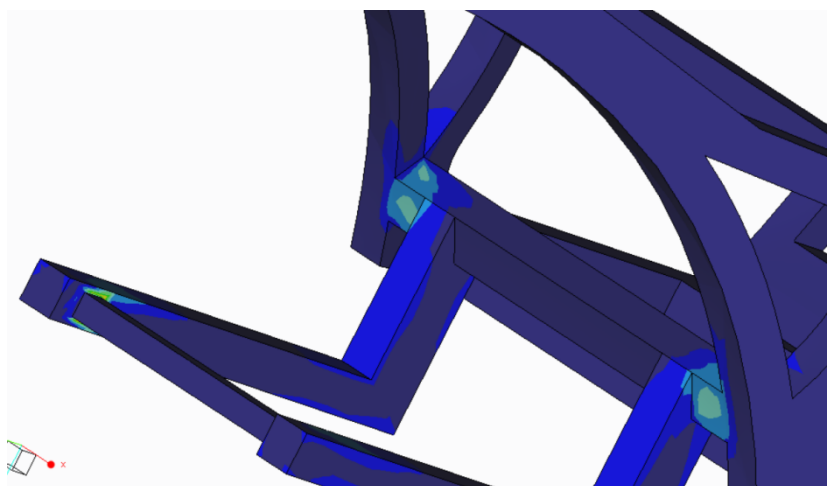
*Taula 8: Esforços en MPa de la moto de combustió*



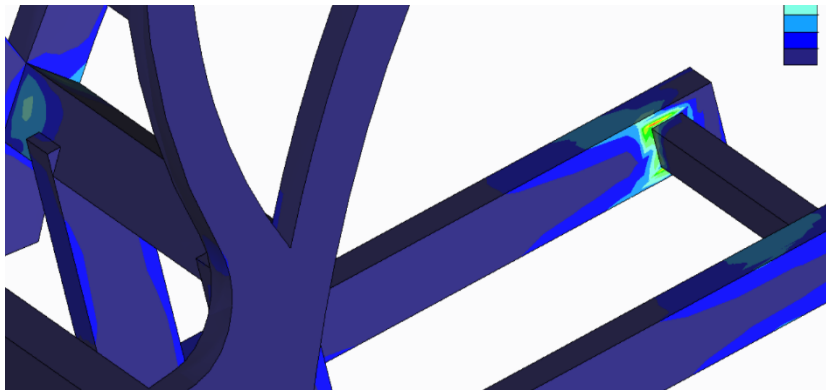
*Il·lustració 59: Resultats d'esforços de la moto de combustió 1*



*Il·lustració 60: Resultats d'esforços de la moto de combustió 2*



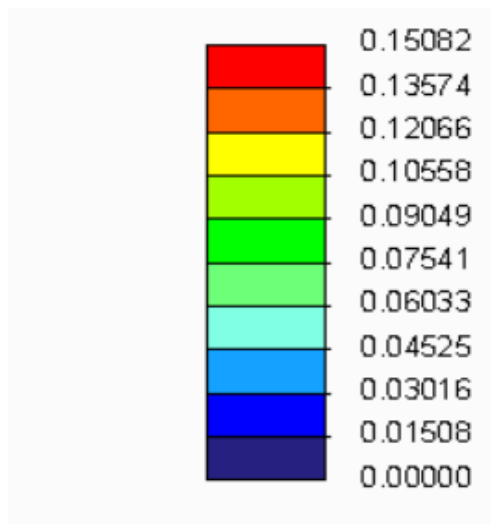
*Il·lustració 61: Resultats d'esforços de la moto de combustió 3*



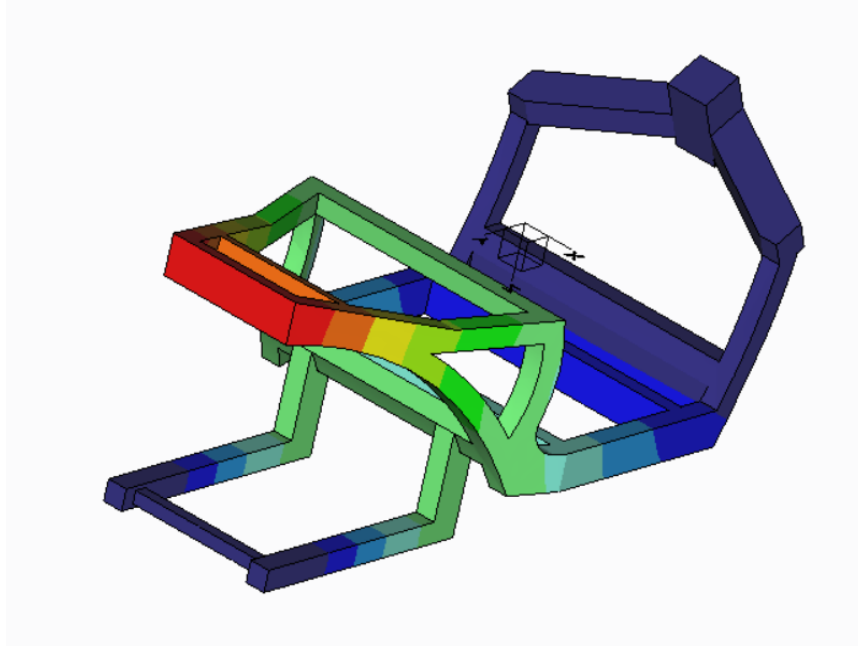
*Il·lustració 62: Resultats d'esforços de la moto de combustió 4*

Com podem observar, el fet que el nostre motor estigui agafat per tres punts diferents amb la distribució de càrregues, fa que es carregui molt més a aquest costat que l'altre.

Tot seguit, en la il·lustració 63 podem veure els desplaçaments, en mm, associat a la taula 9, que es crearien en el nostre sistema.



*Taula 9: Desplaçaments de la moto de combustió*

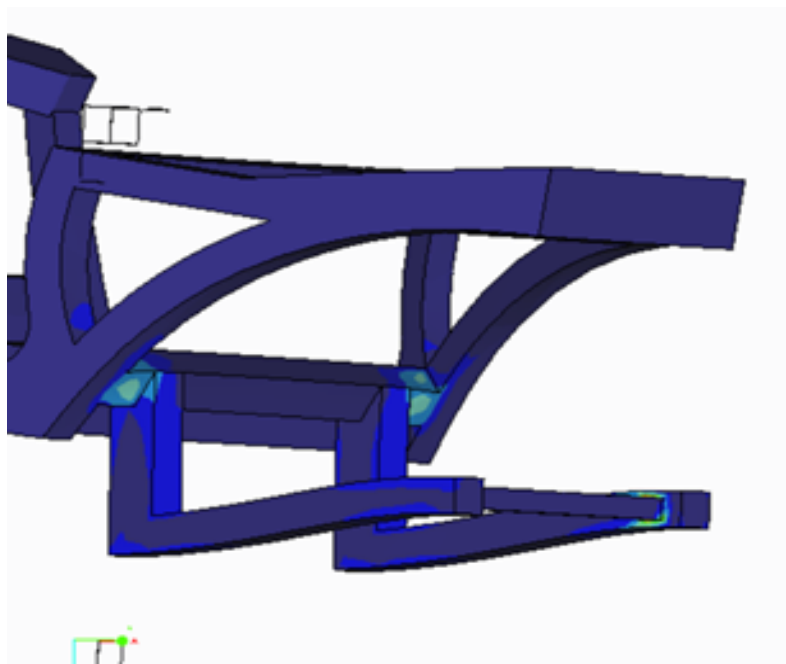


*Il·lustració 63: Desplaçaments de la moto de combustió*

Els desplaçaments dels sistemes són de 0,143 mm en la primera opció de moto elèctrica, 0,138 mm en la segona opció de moto elèctrica i 0,151 mm en el cas de la moto de combustió. Així doncs, d'aquests desplaçaments podem extreure que si féssim el canvi, seria viable que el sistema de suspensions no tingués cap problema en absorbir els esforços, ja que el desplaçament més gran es dona en el sistema de la moto de combustió.

Si analitzem els esforços màxims, en la primera opció de moto elèctrica trobem que arribarà a 20MPa, la segona opció de moto elèctrica arribaria a 17MPa i el cas de la moto de combustió a 19MPa, Per tant en aquest punt, hauríem de mirar com afectaria aquest sobre esforç en el xassís de la segona opció que es dona en la inserció entre xassís i l'eix de la roda.

Per últim en la il·lustració 64, podem apreciar en la simulació com es vincularia el nostre xassís en cas que acabés fallant.



*Il·lustració 64: Vinclament del xassís en el moment de fallada*



## 5.6. Resultat: característiques tècniques de millora

Un cop vist l'estudi de les dues motos podem extreure diversos punts a tenir en compte per aconseguir millores. Aquests punts els dividirem en característiques tècniques extretes de l'estudi realitzat durant aquest treball i en característiques tècniques del producte final, la moto elèctrica Piaggio Liberty.

### 5.6.1. Característiques tècniques extretes de l'estudi realitzar

Un cop fet tot l'estudi podem extreure diferents conclusions.

Hem dividit l'estudi en dos apartats, un a base de càlculs teòrics analitzant específicament el motor, on hem observat com es comportaria un motor a roda dins d'un sistema de motocicleta, i un segon estudi, en el que analitzem els primers canvis estructurals i visuals que afectarien la nostra motocicleta.

Per fer la primera part de càlculs, hem analitzat com és el nostre sistema estèticament i quina reacció té el motor a roda amb el terra, per tal d'extreure les primeres equacions de força i torsió. En primer moment hem buscat la torsió i la velocitat angular de la moto a màxima velocitat en la cilindrada de 50cc per tal d'assolir l'arrencada de la moto fins a una velocitat de 10 km/h en uns segons establerts.

A continuació amb els valors teòrics obtinguts hem passat a fer quatre hipòtesis de rendiment, per tal de comparar amb els valors a màxima potència i així poder veure quines condicions serien viables i quines condicions hauríem de descartar.

En la primera hipòtesi hem pogut analitzar el nostre radi per tal de continuar el nostre estudi, hem pogut observar i extreure el nostre radi per tal que la moto aconseguís tenir la força necessària per moure's en la velocitat desitjada.

A continuació, hem passat a analitzar com es comportarà el motor amb diferents masses aplicades, per tal de veure fins a quina aconseguirà accelera amb normalitat. Hem pogut observar que el mo-

tor té una bona resposta amb el pes. La tercera i quarta hipòtesi ja van més encarades a les prestacions que li podrem donar a la moto. Aquestes dues hipòtesis són; el temps d'acceleració a 10 km/h i el pendent que podrà puja sense perdre acceleració de sortida.

En aquesta hipòtesi podem veure la relació de potència necessària per a assolir el temps que ens agradaria, com variarà depenen del que decidim. Hem pogut concloure amb un bon punt de partida. A més hem fet un segon estudi de quan tararia arribar als 20 km/h i surten uns bons resultats d'acceleració.

Per acabar la 4 hipòtesi relacionada amb la força que té la moto per assumir un pendent, el fet de tenir un radi més gran fa que perdem força en pujada, això ha implicat que el pendent que pot assumir no sigui molt alt sense perdre acceleració, però també hem pogut extreure que podrà sortir de parat des d'un pendent d'un 28%, això ens ha confirmat que podem comptar amb un bon producte per ciutat.

Un cop vista la primera part podem passar a analitzar els resultats de la segona part del treball. En aquesta segona part hem dimensionat en 3D la moto de combustió i seguidament la moto elèctrica amb dues opcions de pac bateries.

Un cop dimensionat ens hem centrat en la part que fa referència a l'estàtica de l'estudi, que és en el nostre xassís on se suporta tots els components de la moto, i a partir d'aquest hem pogut fer diferents estudis de rendiment, per tal de veure com afecten les diferents configuracions.

Hem pogut excloure que el nostre xassís podria aguantar la nova configuració malgrat que si es fes un prototip real, s'hauria de reforçar algunes zones fent un segon estudi del sistema de manera dinàmica per tal de poder apreciar com afectarien moltes més situacions, com per exemple com afectaria les vibracions en els punts crítics del nostre xassís.

## 5.6.2 Característiques tècniques del producte final: Piaggio Liberty Elèctrica

Primerament analitzem el més visual, el que la persona de carrer veurà a simple vista. Quan el client que va a provar aquest nou producte veu que la moto és molt més estable i tindrà la sensació d'un domini molt bo.

També, el nostre client, en observar el producte podrà veure que tindrà un baül en el qual li cabran dos cascos, ja que haurem eliminat la part on hi havia el dipòsit de gasolina i el dipòsit de l'oli. Això és un bon punt a favor per un producte que utilitzarem molt per ciutats.

Relacionat amb el que hem dit anteriorment, el fet de no tenir dipòsit de gasolina ni d'oli farà que el producte sigui ja d'entrada molt més net i, com és lògic, com la definició del nou producte diu, no hem de repostar en les gasolineres.

El nostre nou combustible seran les bateries recarregables, les quals, com hem definit anteriorment, estaran instal·lades en la part de la base de la moto. Aquestes les podrem extreure de la moto i endollar al corrent de casa per recarregar-les. Amb un temps de 4-5 hores estaran de nou apunt aportant una autonomia d'uns 100km. La potència i velocitat serà l'equivalent a la que té una motocicleta de 50cc com hem pogut veure amb els càlculs.

Invertirem en electricitat a canvi de no invertir en combustible. El preu actual de l'electricitat és de 0,13411 €/kWh, a dia de 25/12/2018 (preu extret de la pàgina de fecs endesa) [54], que en comparativa amb el preu de la gasolina 1,191 €/litre, (preu extret al dia de 25/12/2018) [55] és molt inferior. Suposant una mobilitat de 400 km al mes, la diferència de cost entre la moto elèctrica i la de combustió al final de l'any seria: 2,7 €/mes (sense impostos) vs. 13,34 €/mes.

Si analitzem els dos productes al mercat, podem veure que la moto de piaggio liberty 50cc costa 2.079 €. Per contra, la moto elèctrica que actualment comercialitza la mateixa companyia, la Vespa elèctrica, en la seva pàgina web té un cost de 6.390 €.

Comparant els preus, és veritat que la moto elèctrica té un import més elevat que la de combustió, però també és veritat que si busquem motos elèctriques que no siguin de la casa Piaggio i que ja fa temps que estan al mercat, podem trobar preus molt més econòmics i competitius amb les de les motos de combustió.

Pel que fa a la part més mecànica i tècnica, els canvis els tenim reflectits en els punts anteriors. Per tant no destacarem de nou les millores que es farien. Sí que és veritat que cal destacar que un cop vistes les diferències que es creen de càrregues entre un sistema i el nou, podríem introduir noves millores en el xassís. Ja que si es tractés d'un producte que volgués treure al mercat una gran empresa podríem optimitzar aquest nou xassís per tal d'abaratir costos o fer proves de vibracions i de durabilitat amb les noves condicions de càrrega.

Pel que podem veure a la fitxa tècnica, la moto de combustió pesa uns 87 kg sense contar el 6L de càrrega extra del dipòsit. [66] En el cas de la moto elèctrica, no arribaria els 70 kg, per tant, estem parlant d'un mínim de 17 kg i un màxim de 23 kg, amb el dipòsit ple. Per tant, els esforços i traccions del xassís seran, en definitiva, molt inferiors. Es podria fer un bon estudi i una bona optimització de costos. Que a grans tirades suposaria un benefici considerable a l'empresa.

## 6. Estudi econòmic: realització d'un prototip

Com ja hem esmentat en l'apartat 1.3. d'abast del nostre projecte, en aquest treball realitzem la part teòrica, el càlcul mecànic necessari i el pressupost per electrificar una moto de combustió sense arribar a dur a terme el prototip físic de la motocicleta. Això ja implicaria una segona fase del projecte i, a més, requeriria inversió econòmica.

Així doncs, en aquest apartat definirem quin seria el cost per poder realitzar aquesta segona fase del projecte.

En primer lloc, hem de tenir en compte que partint un producte ja existent el mercat, la Piaggio Liberty 50cc, i li fem les modificacions pertinents per fer un primer model de moto elèctrica. Per aquest motiu, s'hauria d'invertir en comprar aquest tipus de motocicleta.

Tot seguit hem de buscar un proveïdor de bateries. Com hem dit anteriorment, busquem una bateria d'ió-liti. Hem estat buscant diferents opcions i la millor opció és una empresa espanyola que fa les bateries a mida [34]. El preu del producte és bastant elevat, ja que és un producte fet a mida.

A continuació, per tal d'allotjar bé les bateries com hem pogut veure en el dimensionament 3D, tenim dues opcions:

- Opció 1: consisteix a posar les bateries en l'antic dipòsit de la moto, i per això, li fem un petit allotjament amb una placa de metacrilat, per tal que no es mogui. Aquesta, la comprarem i tallarem segons el model que ens sigui més adient [58], [59].
- Opció 2: ubicació de les bateries en la part de la base i, igual que en la primera opció, implica comprar una placa de metacrilat per tal de tancar el nostre pac bateries. A més, en aquesta segona opció instal·laríem una xapa d'acer inoxidable a la base de la moto que, a través d'una embotició, se l'hi conformaria la forma desitjada per tal de protegir la nostra base de la moto [60].

Un cop pressupostada aquesta part, ens quedaria pressupostar el desmuntatge de tota la part del motor de combustió i fer el muntatge del motor brushlees. Per trobar un preu d'aquesta fase del nostre prototip hem buscat un motor existent en el mercat i sumat el cost d'enviament [61].

Hem realitzat la mateixa operació amb el pneumàtic, però finalment com que estem comprant una moto del mateix model nova, el pneumàtic que ja hi ve de sèrie ens servirà, ja que les dimensions són les mateixes [62]. Pel tant, podrem veure en el pressupost que tot i tenir contemplat el preu del pneumàtic, en la suma total del pressupost no hi està inclòs.

L'últim component que muntarem serà la nostra unitat de control electrònica, que igual que ens passava en la part de la xapa d'acer, en la unitat de control tampoc podem quantificar el preu que ens costaria pagar a un enginyer electrònic que ens dissenyés el software i el hardware de la placa. Així doncs, en el pressupost hem afegit únicament el preu d'una placa de control d'ordinador. Hem assumit que el sistema de control de la moto seria equiparable a la complexitat d'una placa d'ordinador i així poder tenir un cost aproximat del preu. També cal destacar que per un primer prototip de la nostra moto, el preu seria molt més alt, ja que hauríem de pagar les hores de desenvolupament per tant és difícil establir aquest preu [63].

Per últim, el cost d'hores de mà d'obra de la persona que fa el desmuntatge i el muntatge estan extreïdes de les referències [64] vistes en la bibliografia. A partir d'aquí, hem establert un preu/hora per tal de fer una estimació del que costaria.

A més a més, tenim un últim punt d'eines i peces de taller que serien components que es farien servir en el muntatge com poden ser caragols, volanderes, bieles, gomes, juntes, cinta adhesiva, silicona, tornavis, etc. Aquest punt l'hem estimat en un únic preu de 500 €.

PRESSUPOST	OPCIÓ 1	OPCIÓ 2
Moto Piaggio liberty 50cc	€ 2079,00	€ 2079,00
Bateria ió-liti	€ 944,92	€ 944,92
Preu metacrilat	€ 57,25	€ 77,30
<i>Dimensions (cm)</i>	60x50	60x100
<i>Preu</i>	€ 21,15	€ 41,20
<i>Costos d'enviament</i>	€ 6,10	€ 6,10
<i>Preu minut de tall per làser</i>	€ 3,00	€ 3,00
<i>Temps (min)</i>	€ 10,00	€ 10,00
<i>Tall del metacrilat</i>	€ 30,00	€ 30,00
Costos de pneumàtic	€ 31,32	€ 31,32
<i>Preu pneumàtic posterior (opcional)</i>	€ 24,37	€ 24,37
<i>Costos d'enviament</i>	€ 6,95	€ 6,95
Costos de motor brushlees	€ 250,20	€ 250,20
<i>Preu motor</i>	€ 130,85	€ 130,85
<i>Costos d'enviament</i>	€ 119,35	€ 119,35
Unitat de control	€ 544,50	€ 544,50
<i>Placa de control</i>	€ 544,50	€ 544,50
Xapa d'acer inoxidable		€ 26,27
<i>Mides</i>		1000x70
<i>Preu</i>		€ 14,27
<i>Costos d'enviament</i>		€ 12,00
Mà d'obra	€ 720,00	€ 720,00
<i>Hores</i>	16,00	16,00
<i>Preu hora</i>	€ 45,00	€ 45,00
Eines i peces de taller	€ 500,00	€ 500,00
<b>Total</b>	<b>€ 5095,87</b>	<b>€ 5142,19</b>

Taula 10: Pressupost realització del prototip

Si analitzem el cost total del pressupost de l'Opció 1 i l'Opció 2, podem concloure que realitzar un primer prototip no seria rendible, ja que aquest producte requereix materials i peces personalitzades, terceres persones i, inclús, màquines de tercers; processos que per una única motocicleta no són rentables. De totes maneres, aquest aspecte no és un enfocament del nostre treball.

Per altra banda, sí que podem concloure que si una companyia consolidada de motocicletes volgués fer una inversió en passar les motos de combustió a elèctriques, amb els recursos i maquinària que disposen, podrien ajustar molts més els preus. A més, disposarien d'un equip d'enginyers electrònics que produiria la part d'electrònica, resolent un dels problemes del nostre pressupost. Un cop fessin el primer prototip i passessin a fer tirades en sèrie de la moto podrien abaratir costos de nou, ja que comprarien les matèries a grans quantitats i amortitzarien el producte.



## 7. Impacte ambiental

El nostre treball està encarat a la creació d'un producte que implica una millora de l'empremta ecològica en la societat, ja que volem buscar una alternativa a l'actual producte que, com se sap, té una elevada contaminació tant ambiental com acústica.

Vivim en unes urbs saturades de CO<sub>2</sub>, les quals tenen grans pics de contaminació any rere any. Estem més que acostumats a veure alertes de contaminació, i recomanacions per tal que es faci servir el transport públic i no agafar els vehicles particulars.

Constantment es parla de les diferents assemblees mundials per reduir la contaminació que l'ONU (Organització de les Nacions Unides) ha anat organitzant en els darrers anys. En aquestes, els estats membres es comprometen a reduir la contaminació del seu país, però fins al moment els resultats no han estat molt satisfactoris, ja que es continuen emetent amb grans quantitats de contaminants a l'atmosfera.

La flota de vehicles actuals és part del problema plantejat en aquestes cimeres, ja que són un gran focus de contaminació.

Una de les grans conseqüències d'aquesta contaminació de l'atmosfera és l'efecte hivernacle que està provocant, el ja famós, canvi climàtic. Si aconseguim reduir la quantitat de CO<sub>2</sub> en l'atmosfera, reduïrem aquest efecte hivernacle (no estem afirmant que els vehicles siguin l'únic motiu de l'efecte hivernacle, però sí un d'ells). Si podem començar a reduir el CO<sub>2</sub> amb un canvi de transport, serà un gran avanç per la civilització i per les properes generacions. Els vehicles de transport dels països desenvolupats són els responsables del 30 al 90% del total dels gasos contaminants emesos pel tràfic en tot el món [65]. Per tant, l'impacte que podria suposar la utilització de transports elèctrics seria de vital rellevància pel nostre planeta.

Amb el que hem esmentat anteriorment, podem afirmar que el que proposem en aquest treball generaria un gran impacte ambiental i social. Social, no només pels avantatges econòmics ja comentats, sinó enfocats en els problemes de salut reconeguts que provoca la contaminació, com càncers i problemes respiratoris. Aquests problemes ens afecten a tots, des dels més petits fins a les persones més grans. I, el producte pel qual estem apostant en aquest treball, és un prototip de zero emissions que funciona amb energia elèctrica. Això implica deixar enrere la combustió i el residu que aquesta provoca.

Un producte que, a mesura que passin els anys, serà més eficient i més econòmic i cada cop més popular en la societat. Així doncs, si aconseguim reduir el nombre de vehicles de combustió de cara al futur, podríem tenir unes ciutats i societats molt més netes i aconseguir, inclús, prevenir malalties relacionades amb els gasos i contaminació per emissió carburants.

## Conclusions

Al llarg de tot el treball s'han treballat i estudiat diferents camps fent que puguem treure tot un seguit de conclusions que s'intentaran sintetitzar a continuació.

S'ha començat el treball fent una pinzellada històrica dels motors i de les bateries, de les seves primeres aplicacions i de com la societat ha anat evolucionant-les a través de la recerca i la investigació per tal de poder donar resposta a les necessitats de la societat aportant millores dels productes i creant noves implementacions en diferents aplicatius.

Com hem pogut comprovar, i després de documentar el treball amb les diferents innovacions, la majoria d'invents que trobem al llarg de la història, tenen una evolució exponencial fins al dia que deixen de ser útils perquè apareix una tecnologia superior, per costos, rendibilitat, etc. Així doncs, en aquest punt del treball hem volgut fer una breu anàlisi, a través d'una enquesta, sobre la percepció de la societat pel que fa als vehicles elèctrics. Els resultats obtinguts ens han ajudat a reafirmar 3 punts essencials que anàvem esmentant en tot el treball: la necessitat de conscienciació social sobre els avantatges i prestacions dels vehicles elèctrics (no només d'usuaris finals, sinó també de governs i institucions públiques), la necessitat de seguir invertint i apostant en aquest sector per poder assolir un producte rendible i eficient (assolir una bona producció en sèrie que permeti disminuir significativament la producció i cost final d'aquests vehicles); i per últim, molt relacional a aquest segon punt; la necessitat d'aconseguir un producte accessible per la majoria de la societat, deixant de ser un producte de luxe a l'abast únicament de certes classes socials.

Un cop hem realitzat aquesta anàlisi social, passem a la part més pràctica del treball que ens ocupa: els càlculs i demostracions necessàries per electrificar la Piaggio Liberty 50cc de combustió.

Si ens centrem en els resultats obtinguts a la part del dimensionament del motor, podem concloure que el procés d'electrificació és viable, ja que en unes condicions màximes podria assolir un parell

de 57 Nm, equivalent als 45 km/h i les prestacions tècniques de vehicle en pendents, pesos i adaptacions de radi són acceptables.

Un cop hem dimensionat el nostre motor i analitzat quines prestacions tindria, basant-nos sempre amb la normativa que regula la potència dels vehicles, hem pogut veure en les diferents hipòtesis com actuarà la nostra moto en les condicions assajades. Sempre hem intentat apropar-nos a hipotètiques situacions que es poguessin donar en conduccions urbanes com poden ser un pendent o el fet d'anar dues persones a la moto amb un pes total de 272kg. En aquesta part de l'estudi hem pogut extreure les limitacions que ens trobarem en la motocicleta elèctrica. A més, crear les diferents hipòtesis també ens ha permès pensar i investigar quins paràmetres s'han de tenir en compte per tal de dimensionar aquest producte.

Durant aquesta fase de l'estudi, també hem pogut observar quins són els topes en cada una de les situacions hipotètiques plantejades a la nostra moto. Això ens ha donat una valoració molt més bona de quin producte estàvem creant, i sobretot, ens a resultat útil per veure fins on arribaria el nostre nou producte i què li podríem exigir. Així doncs, l'estudi tòric ens serveix per calcular quines prestacions de parell d'arrancada i velocitats podria agafar en les diferents situacions plantejades i, també, conèixer les debilitats del nostre nou producte.

En la fase del dimensionament del 3D de la nostra moto, podem extreure molts resultats mecànics i entendre'n més bé el funcionament. Aquest punt ha permès veure com estan distribuïts els pesos d'una moto de combustió i com actuen les forces en ella i, amb aquestes dades, investigar com reaccionaria el sistema de la moto en cas d'extreure la part de combustió i afegir la part del motor elèctric més bateries.

Com hem pogut veure en l'estudi d'aquesta fase del projecte, la substitució de motors provoca que canviïn molts paràmetres en la motocicleta elèctrica, fent-nos plantejar canvis respecte a la integritat del nou producte i els esforços que aquest ha de suportar. A més, obre una nova porta al redisseny de la moto, per tal de millorar la seva estructura, que és molt interessant.

En aquest apartat del treball ens hem centrat en la part dels centres de gravetat i inèrcies que agafa la moto o, més ben dit, en el xassís d'aquesta i, a partir d'aquí, hem proposat els canvis pertinents per tal de millorar el producte.

Hem pogut observar com el centres de graveta del nou producte varien respecte a l'inicial, i com això afecte el nostre xassís. Podem veure que malgrat els canvis estructurals dintre el nostre prototip de moto elèctrica, és viable mecànicament parlant fer el canvi, ja que el nostre xassís de la moto està prou reforçat per aguantar les noves càrregues.

A més hem pogut extreure dos models de resolució, la primera opció més viable pel seu muntatge en prototip perquè no hem de fer la xapa d'acer a la base de la moto per la protecció de les bateries, i una segona opció, que segurament es portaria endavant en un hipotètic cas que una empresa fes el producte.

Cal destacar que no podem extreure resultats de com es comportaria electrònicament el sistema o el que costaria fer la part d'electrònica. Igual que no hem dimensionat els cables que anirien de la nostra placa de control situada a la part davantera de la moto fins al motor, frens i bateries.

De fet, una continuació més àmplia del treball podria ser seguint amb l'estudi de les diferents xapes de la moto, l'anàlisi més exhaustiu dels centres d'inèrcia de la moto, fer un estudi previ de com actuaria aquesta en cas d'accident, etc.

Un següent pas als estudis estàtics analitzats en aquest treball, serien els estudis de la moto en dinàmica per tal de veure com actuarien les forces en moviment, analitzar els frens i la seva reacció en frenada i en accelerades, així com observar l'afectació de les suspensions amb el nou sistema elèctric, ja que gràcies a la disminució de pes del motor, segurament, facilitaria la instal·lació d'un sistema de suspensió més econòmic.



També es podria fer un estudi d'escalfors i de desgast (com s'escalfen les rodes en l'antic sistema de la moto de combustió i com ho fa en el nou). La versió elèctrica de la nostra moto porta el motor en la roda de darrere, aquest fet implica que el pneumàtic té la torsió més directe en comparació a l'antic que va a través d'una corretja de distribució; per tant, com podem veure l'estudi es podria ampliar moltíssim.

Malgrat no fer tots els estudis possibles que acabem de mencionar, en el treball es volia reflectir el fet que és possible portar un producte actualment consolidat en el mercat, com és la moto de combustió, i donar-li unes noves prestacions i posar-lo a l'avantguarda de la tecnologia i la innovació com pot ser un producte elèctric, sostenible amb el medi ambient i amb concordança amb les últimes tecnologies.

Aquest treball, clarament, és un primer estudi i per poder elaborar el prototip i presentar el nou producte, hauríem de continuar analitzant la motocicleta elèctrica per trobar problemes i solucions efectives. Tot i això, podem concloure que segons les hipòtesis plantejades en aquest estudi, el producte amb motor elèctric, és viable i tindria les característiques tècniques adequades per considerar-se un producte eficient i competitiu al mercat.

A més, aquest nou producte no ha de ser gaire més car, ja que com hem mencionat en el pressupost un cop l'empresa que crea el producte en comença a fer producció en sèrie podria arribar a abaratir molt els costos.

Finalment, com hem estat comentant anteriorment, recordar que el nou producte disposa d'un gran benefici i és que no està lligat a la gasolina (energia no renovable). El fet d'utilitzar l'energia elèctrica com a font d'energia fa que el cost pel consum sigui més baix, i a la llarga, l'amortització d'un producte elèctric serà molt més rentable que els vehicles de combustió.

Com a reflexió personal, en els últims anys, quan he viatjat fora d'Espanya, (i sobretot cap al centre i nord d'Europa) he pogut veure com els vehicles elèctrics estan més implementat i consolidats que a Espanya. Inclús a Xina, (el principal país més contaminant del món) la sensibilització per la importància i beneficis dels cotxes i motos elèctriques està molt més avançada que aquí. De fet, com he comentat a la introducció del treball, és un punt que personalment em preocupa i m'agradaria pensar que en els propers anys aquesta situació canviarà i millorarà de manera exponencial, ja que és una evolució per necessitat.



# BIBLIOGRAFIA

[1] Real Decreto 736/1988, Tramisió de reformes en vehicles de carretera [1988] [En Línea] Disponible a: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1988-17787> [Consulta 30 de Maig]

[2] Directiva 2002/24/CE del parlamento europeo y del consejo [2002] [En línea] Disponible a: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32002L0024> [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[3] Real Decreto 2028/1986, Normes per l'aplicació de determinades directrius de la CEE, relatives a l'homologació de tipus de vehicles automòbils, remolcs i semi-remolcs [1986] [En línea] Disponible a <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1986-26182> [Consulta: 30 de Maig del 2019]

[4] José Antonio Díaz (2003) Michael Faraday: El encuadernador que revolucionó la ciencia [En línea] Disponible a: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/637801.pdf> [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[5] Ricardo Estévez (2011) eco inteligent; El primer coche de la historia fue eléctrico. [En línea] Disponible a: <https://www.ecointeligencia.com/2011/09/el-primer-coche-de-la-historia-fue-electrico/>, [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[6] Aficionados a la mecánica (2019),[En línea] Disponible a: [http://www.aficionadosalamecanica.com/coche-electrico\\_historia.htm](http://www.aficionadosalamecanica.com/coche-electrico_historia.htm) [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[7] Historia i vida; la Vanguardia (2019) El coche eléctrico: Una historia que se repite. [En línea] Disponible a: [https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-del-coche-electrico\\_12106\\_102.html](https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-del-coche-electrico_12106_102.html) [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[8] Velatia Networks (2016) El vehicle elèctric, el viatge de casi 200 años de historia [En línea] Disponible a: <https://velatianetworks.com/vehiculo-electrico-200-anos-historia/> [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[9] Bibliografía y vida. (2019) Henry Ford [En línea] Disponible a: [https://www.biografiasyvidas.com/biografia/f/ford\\_henry.htm](https://www.biografiasyvidas.com/biografia/f/ford_henry.htm) [Consulta: 31 de Maig del 2019].



- [10] D.Piñeiro, Nueva tribuna (2018) Las carreteras desiertas de 1973 [En línea] Disponible en: <https://www.nuevatribuna.es/articulo/historia/carreteras-desiertas-1973/20180913095744155605.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [11] M.Tixce, motor y racing (2016). La evolución de la motocicleta [En línea] Disponible a: <https://www.motoryracing.com/motos/noticias/la-evolucion-de-las-motocicletas/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [12] Motor urbano online . Todo, o casi, sobre las motos eléctricas. Sin cortocircuitos. Una nota electrizante. [En línea] Disponible a: <https://motourbanaonline.com/motos-electricas-presente-pasado-futuro/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [13] RACE (2017). Moto eléctrica en España: ¿ha llegado para quedarse? [En línea] Disponible a: <https://www.race.es/moto-electrica-en-espana> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [14] J.Martín, (2019) Motos eléctricas i timidez de la indutria [En línea] Disponible a: <https://www.xataka.com/automovil/motos-electricas-timidez-industria-a-fabricantes-motos-les-queda-para-igualarse-coches> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [15] CLR, (2019), Motores de corriente continua y alterna: estudi y selecció. [En línea] Disponible a: <https://clr.es/blog/es/motores-corriente-continua-alterna-seleccion/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [16] CarbonSystem, (2019), Escobillas para motores eléctricos [En línea] Disponible a: <http://carbosystem.com/escobillas-para-motores-electricos/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [17] Máquinas de corriente continua; Rodríguez. M.A., Universidad de Cantabria (2017), [En línea] Disponible a: <https://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Maquinas%20cc.pdf> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [18] López. J.C., (2013) Presetación Proyecto de Ingenieria Mecánica [En línea] Disponible a: <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/ing/pim/12.pdf> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [19] MH education; capitulo 11 motores eléctricos [En línea] Disponible a: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[20] CLR, Diferencia entre motores con escobilla y brushless [En línea] Disponible a: <https://clr.es/blog/es/diferencias-motores-con-escobillas-brushless/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[21] Universidad Politècnica de Cartagena, motores brushless [En línea] Disponible a: <http://masteringenieros.com/wp-content/uploads/pdf/MI50N/-www-adsnt-recursos-masteringenieros-file-motor.pdf> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[22] labc.usb, Motores DC sin escobillas [En línea] Disponible a: <http://www.labc.usb.ve/paginas/EC5136/MaquinasDC.pdf> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[23] vicentelopez0.tripod (2018) Historia del Desarrollo de la Electricidad. [En línea] Disponible a: <http://vicentelopez0.tripod.com/Electric.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[24] Canal de historia, (2003) Nacimiento de Alessandro Volta [En línea] Disponible a: <https://canalhistoria.es/hoy-en-la-historia/nacimiento-de-alessandro-volta/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[25] Ewind, Reve (2009), Manual de motores eléctricos tesina [En línea] Disponible a: <https://www.ewind.com/2009/07/31/se-cumplen-150-anos-de-la-primera-bateria/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[26] Bibliografía y vida. (2019), Nikola Tesla [En línea] Disponible a: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/t/tesla.htm> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[27] Apple, (2019), Acabados Iphone XR [En línea] Disponible a: <https://www.apple.com/es/iphone-xr/specs/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[28] Actitud ecologica: guía completa con las pilas y baterías que existen. [En línea] Disponible a: <https://actitudecologica.com/tipos-de-pilas/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[29] C. Jeison, (2012) Tipos de Pila. [En línea] Disponible a: <https://es.slideshare.net/cristianjeison/tipos-de-pilas>. [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[30] S. Bardo (2010): UPCommons; Almacenamiento Distribuido en viviendas para alisar las curvas de demanda de energía eléctrica, Annex [En línea] Disponible a: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9360/Anexos\\_Sebasti%C3%A1n\\_Bardo.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9360/Anexos_Sebasti%C3%A1n_Bardo.pdf) [Consulta: 31 de Maig del 2019].

- [31] Padilla, O. (2008), El español: Tipos de batería en móviles: ventajas e inconvenientes [En línea] Disponible a: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2018/12/tipos-de-baterias-moviles-ventajas-e-inconvenientes.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [32] Apple (2019): ¿Por qué ion de litio?. [En línea] Disponible a: <https://www.apple.com/la/batteries/why-lithium-ion/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [33] Electrónica Fácil (2019): Baterías Ni-Cd. [En línea] Disponible a: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Baterias-Ni-Cd.php> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [34] Materías Madrid(2019): Baterías para vehículos híbridos y eléctricos [En línea] Disponible a: <http://www.bateriasmadrid.com/portfolios/baterias-vehiculos-hibridos-electricos/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [35] Todo Sai 2.0 (2019): Baterías- Tipos y usos. [En línea] Disponible a: <https://todo-sai.com/blog/baterias-tipos-y-usos-b50.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [36] Generatuluz (2019): Batería plomo-ácido abiertas. [En línea] Disponible a: <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/baterias-plomo-acido/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [37] Olajedatos: capitulo 5; Las baterías de plomo-acido. [En línea] Disponible a: [http://www.olajedatos.com/documentos/baterias\\_plomo.pdf](http://www.olajedatos.com/documentos/baterias_plomo.pdf) [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [38] Generatuluz (2019): Tipos de baterías y sus características. [En línea] Disponible a: <https://www.generatuluz.com/tipos-de-baterias-y-sus-caracteristicas/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [39] Guerrero, T. (2012): El mundo; El grafeno “resucita”la batería de níquel-hierro de Edison [En línea] Disponible a: <https://www.elmundo.es/elmundo/2012/06/26/ciencia/1340708043.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [40] Dominguez, J. (2018): Cambio energético; Comparación baterías de plomo-ácido y baterías de litio para energía solar. [En línea] Disponible a: <https://www.cambioenergetico.com/blog/comparacion-baterias-de-plomo-acido-y-bateria-de-litio-para-energia-solar/#.XNfG7tMzYW0> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

- [41] Alonso, J.A. (2009): El vuelo Eléctrico; Baterías NiCd, NiMh, LiPo. [En línea] Disponible a: <https://www.icmm.csic.es/jaalonso/velec/baterias/bateria.htm> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [42] Sarmientos, R.: Universidad de las Palmas de gran canaria: Tema 2; Introducción a la Eletrónica de potencia. [En línea] Disponible a: [http://www.iuma.ulpgc.es/~roberto/asignaturas/EI/transparencias/EI\\_Tema\\_2.Intro\\_EP.pdf](http://www.iuma.ulpgc.es/~roberto/asignaturas/EI/transparencias/EI_Tema_2.Intro_EP.pdf) [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [43] Electromotos.es, BMW C Evolution. [En línea] Disponible a: <https://www.electromotos.net/marcas/bmw-motorrad/c-evolution/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [44] Electromotos.es, Brammo Empulse R [En línea] Disponible a: <https://www.electromotos.net/marcas/brammo/empulser/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [45] Bereco Motors, Voltio. [En línea] Disponible a: [https://www.berecomotors.es/pdf/ficha\\_tec\\_BERECO\\_Voltio.pdf](https://www.berecomotors.es/pdf/ficha_tec_BERECO_Voltio.pdf) [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [46] Martin, J. (2018) La revolución eléctrica de Piaggio llegará a las calles en octubre con la Vespa Elettrica. [En línea] Disponible a: <https://www.motorpasionmoto.com/motos-electricas/vespa-elettrica-2018-produccion-comercializacion> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [47] Prebookingelecttrica.vespa.com, Vespa Electtrica [En línea] Disponible a: [https://prebookingelecttrica.vespa.com/es\\_en/](https://prebookingelecttrica.vespa.com/es_en/) [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [48] Noticias.Amv.es (2015) Piaggio Liberty 125: Historia y evolución de un mito urbano. [En línea] Disponible a: <https://noticias.amv.es/opiniones/piaggio-liberty-125-historia-y-evolucion-de-un-mito-urbano/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [49] blog.directseguros.es (2018) La moto más vedida en España. [En línea] Disponible a: [https://blog.directseguros.es/tendencias\\_sector/marcas-de-motos-mas-vendidas-en-espana/](https://blog.directseguros.es/tendencias_sector/marcas-de-motos-mas-vendidas-en-espana/) [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [50] Piaggio, Gama Liberty. [En línea] Disponible a: [https://www.piaggio.com/es\\_ES/models/gama-liberty/](https://www.piaggio.com/es_ES/models/gama-liberty/) [Consulta: 31 de Maig del 2019].
- [51] Mecánica Vectoria para ingenieros; Beer, johnston, Cornwell; Mc Grall Hill, novena edició.

[52] Dinámica de Partículas y sólidos no-deformables; David Sanchez Molina, Silvia García Vilana; Manual Universitario, UPC.

[53] Palou, N. (2018) Mapa de la estatura promedio masculina en Europa. [En línea] Disponible a: <https://www.microsiervos.com/archivo/mundoreal/mapa-estatura-promedio-masculina-eu-ropa.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[54] elmundo.es (2017) Así somos, así nos vemos. [En línea] Disponible a: <https://www.el-mundo.es/larevista/num200/textos/asi1.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[55] Tu tienda energetica, Pack de batería ion litio con BMS. [En línea] Disponible a: [https://www.tu-tiendaenergetica.es/bateria-nueva-litio-moto-electrica#/214-conversion\\_plomo\\_litio-60v\\_32ah](https://www.tu-tiendaenergetica.es/bateria-nueva-litio-moto-electrica#/214-conversion_plomo_litio-60v_32ah) [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[56] Endesa clientes [2018], Precios de la tarifa PVPC [En línea] Disponible a: <https://www.endesaclientes.com/precio-luz-pvpc.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[57] Dieselgasolina.com [2018], Precios de la gasolina [En línea] Disponible a: <http://dieselgasolina.com/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[58] Materiales World, Plancha de metacrilato opaco colores [En línea] Disponible a: <https://www.mwmaterialsworld.com/es/materiales/metacrilato-y-policarbonato/plancha-de-metacrilato-opaco-colores.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[59] ARQDIS , Tall de metacrilat [2018], [En línea] Disponible a: <http://www.arqdis.uia.mx/arqdis/cortelaser.html#costo> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[60] Mipanelinox.com, Chapa rectangular a medida en inox natural [En línea] Disponible a: <https://www.mipanelinox.com/chapa-de-acero-inoxidable/13-chapa-inox-brillante-rectangular.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[61] Made-in-china.com (2018) 72V 2000W 3.5-13 Motorcycle Scooter Motor Hub Rear BLDC Xingwei Motor [En línia] Disponible a: <https://xinweipower.en.made-in-china.com/product/jsZxBOhTpuWw/China-72V-2000W-3-5-13-Motorcycle-Scooter-Motor-Hub-Rear-BLDC-Xingwei-Motor.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[62] Moto by kers, Neumático moto Michelin 80/80-14P [En línia] Disponible a: <https://www.motobuykers.es/producto/80-80-14p-pilot-street-43-tl-f-r/> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[63] Suministros ClimaFrio, Placa P.C BOARD inverter exterior MITSUBISHI ELECTRIC modelo SUZ-KA50VA2.TH [En línia] Disponible a: <https://suministrosclimafrio.es/es/recambios-de-aa/2595-placa-pc-board-inverter-exterior-mitsubishi-electric-modelo-suz-ka50va2th.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[64] Europa Press Navarra (2017) Las diferencias de precio de la mano de obra de los talleres puede alcanzar el 50%. [En línia] Disponible a: <https://www.europapress.es/navarra/noticia-diferencias-precio-mano-obra-talleres-puede-alcanzar-50-irache-20170527171957.html> [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[65] Planelles, M. (2018) La lucha contra las emisiones de CO2 en el transporte por carretera divide a Europa [En línia] Disponible a: [https://elpais.com/sociedad/2018/10/08/actualidad/1539015852\\_719424.html](https://elpais.com/sociedad/2018/10/08/actualidad/1539015852_719424.html) [Consulta: 31 de Maig del 2019].

[66] Piaggio.com (2019); Piaggio 50 [en línia] Disponible a : [https://www.piaggio.com/es\\_ES/mo-dels/gama-liberty/piaggio-liberty/piaggio-liberty-50-euro4/](https://www.piaggio.com/es_ES/mo-dels/gama-liberty/piaggio-liberty/piaggio-liberty-50-euro4/) [Consulta: 31 de Maig del 2019].

## BIBLIOGRAFIA D'IMATGES.

- [I] Prestige electrical car & bike. [En línea] Disponible a: [https://www.prestigeelectric-car.com/es/historia/8/En\\_1899\\_Record\\_mundial](https://www.prestigeelectric-car.com/es/historia/8/En_1899_Record_mundial) [Consulta: 30 de Maig del 2019].
- [II] Eletricidad/ eletricitat (2008) [En línea] Disponible a: <https://electricidad-viater.blogspot.com/2008/04/motores-de-corriente-continua-de-imn.html> [Consulta: 30 de Maig del 2019].
- [III] Motores eléctricos [En línea] Disponible a: <https://sites.google.com/site/almadeherrero/d-ob-jetos/electricidad-1/elementos-de-motores-electricos?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1> [Consulta: 30 de Maig del 2019].
- [IV] Renewable Energy world (2010) [En línea] Disponible a: <https://www.renewableenergy-world.com/articles/print/special-supplement-wind-technology/volume-1/issue-1/wind-power/high-speed-pmgs-open-up-full-converter-technology.html> [Consulta: 30 de Maig del 2019].
- [V] De motor, [En línia] Disponible a: <https://ca.demotor.net/definicions/rotor.html> [Consulta: 30 de Maig del 2019].
- [VI] GHgate.com [en línea] Disponible a: <https://es.dhgate.com/product/getProductImages.do?act=getProductImages&itemcode=408909272&pid=ff80808160d54ea5016102d681741e35> [Consulta: 30 de Maig del 2019].
- [VII] Eletrofacil-soltec (2017) [En línea] Disponible a: <http://electrofacil-soltec.blogspot.com/2017/03/motor-de-iman-permanentes.html> [Consulta: 30 de Maig del 2019].
- [VIII] Tecnocio (2018) [En línea] Disponible a: <https://tecnocio.com/blog/motores-brushless-eficientes/> [Consulta: 30 de Maig del 2019].
- [IX] Qsmotor [En línea] Disponible a: <http://es.qs-motor.com/product/13-pulgadas-qs-rueda-con-motor-de-3000w-72v-corriente-directa-motor-sin-escobilla-para-bicicletas-electricas-o-motocicletas-electricas-273-modelo-40h-tipo-v3-hub-motor/> [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[X] Escuelapedia [En línea] Disponible a: <http://www.escuelapedia.com/pila-de-alessandro-volta/>  
[Consulta: 30 de Maig del 2019].

[XI] Inventos modernos [En línea] Disponible a: <http://www.inventosmodernos.cl/images/bateria/pila-volta.jpg> [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[XII] Piensa libre (2016) [En línea] Disponible a: <https://www.prensalibre.com/vida/tecnologia/todo-lo-que-debe-saber-sobre-las-baterias-liion-que-usan-los-smartphones-y-otros-gadgets/>  
[Consulta: 30 de Maig del 2019].

[XIII] Electromotos.es, BMW C Evolution. [En línea] Disponible a: <https://www.electromotos.net/marcas/bmw-motorrad/c-evolution/> [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[XIV] Electromotos.es, Brammo Empulse R [En línea] Disponible a: <https://www.electromotos.net/marcas/brammo/empulser/> [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[XV] Bereco Motors, Voltio. [En línea] Disponible a: [https://www.berecomotors.es/pdf/ficha\\_tec\\_BERECO\\_Voltio.pdf](https://www.berecomotors.es/pdf/ficha_tec_BERECO_Voltio.pdf) [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[XVI] Martin, J. (2018) La revolución eléctrica de Piaggio llegará a las calles en octubre con la Vespa Elettrica. [En línea] Disponible a: <https://www.motorpasionmoto.com/motos-electricas/vespa-elettrica-2018-produccion-comercializacion> [Consulta: 30 de Maig del 2019].

[XVII] Matilde, A [2014] Análisis de prestaciones en autómóviles [En línea] Disponible a: <https://slideplayer.es/slide/1067551/> [Consulta: 30 de Maig del 2019].

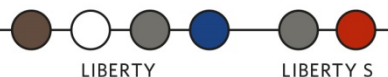


# ANNEXOS

## ANNEX A: Fitxa tècnica Piaggio Liberty 50cc [66]

### LIBERTY/LIBERTY S

150 ie ABS - 125 ie ABS - 50 ie 4T



- DASHBOARD WITH LCD DISPLAY
- ABS SYSTEM ON 125 CC AND 150 CC
- AIR-COOLED I-GET ENGINES EQUIPPED, FOR ALL ENGINE CAPACITIES, WITH ELECTRONIC INJECTION AND 3 VALVES
- LOW SADDLE UNDERSEAT COMPARTMENT WHICH CAN HOLD A JET HELMET WITH VISOR
- FRONT COMPARTMENT FOR STORAGE OF SMALL ITEMS
- LOWER SEAT TO SUIT ALL RIDERS AND FOLD-AWAY PASSENGER FOOTPEGS

LIBERTY / LIBERTY S			
	150 i-get ABS	125 i-get ABS	50 i-get
<i>Engine</i>	Single cylinder 4-stroke i-get	Single cylinder 4-stroke i-get	Single cylinder 4-stroke i-get
<i>Engine capacity</i>	155 cc	124 cc	49.9 cc
<i>Bore x Stroke</i>	58 mm x 58.6 mm	52 mm x 58.6 mm	39 mm x 41.8 mm
<i>Max Power</i>	9.6 kW at 7,750 rpm	8 kW at 7,500 rpm	2.4 kW at 7,500 rpm
<i>Max Torque</i>	13 Nm at 5,250 rpm	11 Nm at 6,000 rpm	3.1 Nm at 7,250 rpm
<i>Consumption</i>	36.8 Km/l (WMTC cycle)	40 Km/l (WMTC cycle)	35.71 km/l (WMTC cycle)
<i>CO<sub>2</sub> Emissions</i>	65 g/Km	61 g/Km	62 g/km
<i>Distribution</i>	Single overhead camshaft, 3 valves (2 intake, 1 output)	Single overhead camshaft, 3 valves (2 intake, 1 output)	Single overhead camshaft, 3 valves (2 intake, 1 output)
<i>Cooling</i>	Air	Air	Air
<i>Lubrication</i>	Oil with wet sump	Oil with wet sump	Oil with wet sump
<i>Fuel system</i>	Electronic injection	Electronic injection	Electronic injection
<i>Starter</i>	Electric	Electric	Electric
<i>Transmission</i>	Automatic CVT	Automatic CVT	Automatic CVT
<i>Clutch</i>	Automatic centrifugal dry clutch	Automatic centrifugal dry clutch	Automatic centrifugal dry clutch
<i>Frame</i>	High resistance tubular steel	High resistance tubular steel	High resistance tubular steel
<i>Front suspension</i>	Telescopic hydraulic fork, 76 mm stroke	Telescopic hydraulic fork, 76 mm stroke	Telescopic hydraulic fork, 76 mm stroke
<i>Rear suspension</i>	Single hydraulic shock absorber with 5-position preload adjustment, 74.5 mm stroke	Single hydraulic shock absorber with 5-position preload adjustment, 74.5 mm stroke	Single hydraulic shock absorber, 73.5 mm stroke
<i>Front tyre</i>	Tubeless 90 / 80 - 16", 51J	Tubeless 90 / 80 - 16", 51J	Tubeless 90 / 80 - 16", 51J
<i>Rear tyre</i>	Tubeless 100 / 80 - 14", 54J	Tubeless 100 / 80 - 14", 54J	Tubeless 100 / 80 - 14", 54J
<i>Front brake</i>	Disco singolo Ø 240 mm	Disco singolo Ø 240 mm	Disco singolo Ø 240 mm
<i>Rear brake</i>	Tamburo Ø 140 mm	Tamburo Ø 140 mm	Tamburo Ø 140 mm
<i>ABS</i>	As standard	As standard	-
<i>Length/Width/Wheelbase</i>	1,945 mm / 690 mm / 1,340 mm	1,945 mm / 690 mm / 1,340 mm	1,945 mm / 690 mm / 1,370 mm
<i>Seat height</i>	< 790 mm	< 790 mm	780 mm
<i>Fuel tank capacity</i>	6 l (including 1.5 l reserve)	6 l (including 1.5 l reserve)	6 l (including 1.5 l reserve)
<i>Emissions compliance</i>	EURO 4	EURO 4	EURO 4



## ANNEX B: Dimensionament teòric del motor a roda

### B.1 Taula: Variació de radi

Velocitat requerida en funció del temps (km / h)	Temps d'acceleració (s)	Acceleració necessària (m/s <sup>2</sup> ):	Radi motor a roda (m)	Pendent teòrica (%)	Pes del pilot (kg)	Massa total (moto + pilot) (kg)	Velocitat de l'scooter desitjada a màxima potència (km/h)	Parell mín a guanyar a velocitat constant (Nm)	Parell màx requerit per tot el sistema. (Nm)	Velocitat (ω) a velocitat lineal requerida (rpm)	Potència en el pic màxim i velocitat requerida (W)	pujada del pic màx desitjat (=2*Pn) (W)	Velocitat(ω) a màx potència TEORICA (rpm)	Parell a màx potència a TORIC (Nm)
15	5	0,833	0,110	1	75,5	162,5	45	6,1	21,0	723,432	795,713	4000	2170,3	35,2
15	5	0,833	0,113	1	75,5	162,5	45	6,3	21,5	707,355	795,713	4000	2122,1	36,0
15	5	0,833	0,115	1	75,5	162,5	45	6,4	22,0	691,978	795,713	4000	2075,9	36,8
15	5	0,833	0,118	1	75,5	162,5	45	6,6	22,5	677,255	795,713	4000	2031,8	37,6
15	5	0,833	0,120	1	75,5	162,5	45	6,7	22,9	663,146	795,713	4000	1989,4	38,4
15	5	0,833	0,123	1	75,5	162,5	45	6,8	23,4	649,612	795,713	4000	1948,8	39,2
15	5	0,833	0,125	1	75,5	162,5	45	7,0	23,9	636,620	795,713	4000	1909,9	40,0
15	5	0,833	0,128	1	75,5	162,5	45	7,1	24,4	624,137	795,713	4000	1872,4	40,8
15	5	0,833	0,130	1	75,5	162,5	45	7,3	24,9	612,134	795,713	4000	1836,4	41,6
15	5	0,833	0,133	1	75,5	162,5	45	7,4	25,3	600,585	795,713	4000	1801,8	42,4
15	5	0,833	0,135	1	75,5	162,5	45	7,5	25,8	589,463	795,713	4000	1768,4	43,2
15	5	0,833	0,138	1	75,5	162,5	45	7,7	26,3	578,745	795,713	4000	1736,2	44,0
15	5	0,833	0,140	1	75,5	162,5	45	7,8	26,8	568,411	795,713	4000	1705,2	44,8
15	5	0,833	0,143	1	75,5	162,5	45	8,0	27,2	558,438	795,713	4000	1675,3	45,6
15	5	0,833	0,145	1	75,5	162,5	45	8,1	27,7	548,810	795,713	4000	1646,4	46,4
15	5	0,833	0,148	1	75,5	162,5	45	8,2	28,2	539,508	795,713	4000	1618,5	47,2
15	5	0,833	0,150	1	75,5	162,5	45	8,4	28,7	530,516	795,713	4000	1591,5	48,0
15	5	0,833	0,153	1	75,5	162,5	45	8,5	29,2	521,819	795,713	4000	1565,5	48,8
15	5	0,833	0,155	1	75,5	162,5	45	8,6	29,6	513,403	795,713	4000	1540,2	49,6
15	5	0,833	0,158	1	75,5	162,5	45	8,8	30,1	505,254	795,713	4000	1515,8	50,4
15	5	0,833	0,160	1	75,5	162,5	45	8,9	30,6	497,359	795,713	4000	1492,1	51,2
15	5	0,833	0,163	1	75,5	162,5	45	9,1	31,1	489,708	795,713	4000	1469,1	52,0
15	5	0,833	0,165	1	75,5	162,5	45	9,2	31,5	482,288	795,713	4000	1446,9	52,8
15	5	0,833	0,168	1	75,5	162,5	45	9,3	32,0	475,089	795,713	4000	1425,3	53,6
15	5	0,833	0,170	1	75,5	162,5	45	9,5	32,5	468,103	795,713	4000	1404,3	54,4
15	5	0,833	0,173	1	75,5	162,5	45	9,6	33,0	461,319	795,713	4000	1384,0	55,2
15	5	0,833	0,175	1	75,5	162,5	45	9,8	33,5	454,728	795,713	4000	1364,2	56,0
15	5	0,833	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	33,9	448,324	795,713	4000	1345,0	56,8
15	5	0,833	0,180	1	75,5	162,5	45	10,0	34,4	442,097	795,713	4000	1326,3	57,6
15	5	0,833	0,183	1	75,5	162,5	45	10,2	34,9	436,041	795,713	4000	1308,1	58,4
15	5	0,833	0,185	1	75,5	162,5	45	10,3	35,4	430,148	795,713	4000	1290,4	59,2
15	5	0,833	0,188	1	75,5	162,5	45	10,5	35,9	424,413	795,713	4000	1273,2	60,0
15	5	0,833	0,190	1	75,5	162,5	45	10,6	36,3	418,829	795,713	4000	1256,5	60,8
15	5	0,833	0,193	1	75,5	162,5	45	10,7	36,8	413,389	795,713	4000	1240,2	61,6
15	5	0,833	0,195	1	75,5	162,5	45	10,9	37,3	408,090	795,713	4000	1224,3	62,4
15	5	0,833	0,198	1	75,5	162,5	45	11,0	37,8	402,924	795,713	4000	1208,8	63,2
15	5	0,833	0,200	1	75,5	162,5	45	11,2	38,2	397,887	795,713	4000	1193,7	64,0

## B.2 Taula: Variació pes

Velocitat requerida en funció del temps (km / h)	Temps d'acceleració (s)	Acceleració necessària (m/s <sup>2</sup> ):	Radi motor a roda (m)	Pendent teòrica (%)	Pes del pilot (kg)	Massa total (moto + pilot) (kg)	Velocitat de l'scooter desitjada a màxima potència (km/h)	Parell mín a guanyar a velocitat constant (Nm)	Parell màx requerit per tot el sistema. (Nm)	Velocitat (ω) a velocitat lineal requerida (rpm)	Potència en el pic màxim i velocitat requerida (W)	pujada del pic màx desitjat (=2*Pn) (W)	Velocitat(ω) a màx potència TEORICA (rpm)	Parell a màx potència TORIC (Nm)
15	5	0,833	0,178	1	40	127	45	7,8	26,6	447,054	622,662	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	45	132	45	8,1	27,6	447,054	647,176	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	50	137	45	8,4	28,7	447,054	671,690	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	55	142	45	8,7	29,7	447,054	696,204	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	60	147	45	9,0	30,8	447,054	720,719	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	65	152	45	9,3	31,8	447,054	745,233	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	70	157	45	9,6	32,9	447,054	769,747	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	75	162	45	9,9	33,9	447,054	794,261	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	80	167	45	10,2	35,0	447,054	818,775	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	85	172	45	10,5	36,0	447,054	843,290	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	90	177	45	10,8	37,1	447,054	867,804	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	95	182	45	11,1	38,1	447,054	892,318	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	100	187	45	11,4	39,2	447,054	916,832	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	105	192	45	11,7	40,2	447,054	941,347	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	110	197	45	12,0	41,3	447,054	965,861	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	115	202	45	12,3	42,3	447,054	990,375	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	120	207	45	12,7	43,4	447,054	1014,889	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	125	212	45	13,0	44,4	447,054	1039,404	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	130	217	45	13,3	45,5	447,054	1063,918	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	135	222	45	13,6	46,5	447,054	1088,432	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	140	227	45	13,9	47,5	447,054	1112,946	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	145	232	45	14,2	48,6	447,054	1137,461	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	150	237	45	14,5	49,6	447,054	1161,975	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	155	242	45	14,8	50,7	447,054	1186,489	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	160	247	45	15,1	51,7	447,054	1211,003	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	165	252	45	15,4	52,8	447,054	1235,518	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	170	257	45	15,7	53,8	447,054	1260,032	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	175	262	45	16,0	54,9	447,054	1284,546	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	180	267	45	16,3	55,9	447,054	1309,060	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	185	272	45	16,6	57,0	447,054	1333,574	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	190	277	45	16,9	58,0	447,054	1358,089	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	195	282	45	17,2	59,1	447,054	1382,603	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	200	287	45	17,5	60,1	447,054	1407,117	4000	1341,2	57,0
15	5	0,833	0,178	1	205	292	45	17,8	61,2	447,054	1431,631	4000	1341,2	57,0

### B.3 Taula: Variació temps I/II

Velocitat requerida en funció del temps (km / h)	Temps d'acceleració (s)	Acceleració necessària (m/s <sup>2</sup> ):	Radi motor a roda (m)	Pendent teòrica (%)	Pes del pilot (kg)	Massa total (moto + pilot) (kg)	Velocitat de l'escooter desitjada a màxima potència (km/h)	Parell mín a guanyar a velocitat constant (Nm)	Parell màx requerit per tot el sistema. (Nm)	Velocitat (u) a velocitat lineal requerida (rpm)	Potència en el pic màxim i velocitat requerida (W)	pujada del pic màx desitjat (=2*Pn) (W)	Velocitat(u) a màx potència TEORICA (rpm)	Parell a màx potència TORIC (Nm)
10	0,5	5,566	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	178,6	298,043	2662,7004	4000	1341,2	57,0
10	0,6	4,630	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	143,8	298,043	2244,7477	4000	1341,2	57,0
10	0,7	3,968	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	124,7	298,043	1946,2101	4000	1341,2	57,0
10	0,8	3,472	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	110,4	298,043	1722,3069	4000	1341,2	57,0
10	0,9	3,086	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	99,2	298,043	1548,1600	4000	1341,2	57,0
10	1	2,778	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	90,3	298,043	1408,8424	4000	1341,2	57,0
10	1,1	2,525	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	83,0	298,043	1294,8553	4000	1341,2	57,0
10	1,2	2,315	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	76,9	298,043	1199,8661	4000	1341,2	57,0
10	1,3	2,137	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	71,7	298,043	1119,4905	4000	1341,2	57,0
10	1,4	1,984	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	67,3	298,043	1050,5972	4000	1341,2	57,0
10	1,5	1,852	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	63,5	298,043	990,8897	4000	1341,2	57,0
10	1,6	1,736	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	60,1	298,043	938,6456	4000	1341,2	57,0
10	1,7	1,634	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	57,2	298,043	892,5479	4000	1341,2	57,0
10	1,8	1,543	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	54,6	298,043	851,5722	4000	1341,2	57,0
10	1,9	1,462	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	52,2	298,043	814,9097	4000	1341,2	57,0
10	2	1,389	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	50,1	298,043	781,9134	4000	1341,2	57,0
10	2,1	1,323	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	48,2	298,043	752,0596	4000	1341,2	57,0
10	2,2	1,263	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	46,5	298,043	724,9198	4000	1341,2	57,0
10	2,3	1,208	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	44,9	298,043	700,1400	4000	1341,2	57,0
10	2,4	1,157	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	43,4	298,043	677,4252	4000	1341,2	57,0
10	2,5	1,111	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	42,1	298,043	656,5276	4000	1341,2	57,0
10	2,6	1,068	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	40,8	298,043	637,2375	4000	1341,2	57,0
10	2,7	1,029	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	39,7	298,043	619,3762	4000	1341,2	57,0
10	2,8	0,992	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	38,6	298,043	602,7908	4000	1341,2	57,0
10	2,9	0,958	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	37,6	298,043	587,3492	4000	1341,2	57,0
10	3	0,926	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	36,7	298,043	572,9370	4000	1341,2	57,0
10	3,1	0,896	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	35,8	298,043	559,4547	4000	1341,2	57,0
10	3,2	0,868	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	35,0	298,043	546,8150	4000	1341,2	57,0
10	3,3	0,842	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	34,3	298,043	534,9414	4000	1341,2	57,0
10	3,4	0,817	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	33,6	298,043	523,7661	4000	1341,2	57,0
10	3,5	0,794	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	32,9	298,043	513,2295	4000	1341,2	57,0
10	3,6	0,772	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	32,3	298,043	503,2783	4000	1341,2	57,0
10	3,7	0,751	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	31,6	298,043	493,8649	4000	1341,2	57,0
10	3,8	0,731	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	31,1	298,043	484,9470	4000	1341,2	57,0
10	3,9	0,712	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	30,5	298,043	476,4864	4000	1341,2	57,0
10	4	0,694	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	30,0	298,043	468,4889	4000	1341,2	57,0
10	4,1	0,678	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	29,5	298,043	460,8034	4000	1341,2	57,0
10	4,2	0,661	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	29,1	298,043	453,5220	4000	1341,2	57,0



10	4,3	0,646	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	28,6	298,043	446,5793	4000	1341,2	57,0
10	4,4	0,631	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	28,2	298,043	439,9521	4000	1341,2	57,0
10	4,5	0,617	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	27,8	298,043	433,8195	4000	1341,2	57,0
10	4,6	0,604	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	27,4	298,043	427,5622	4000	1341,2	57,0
10	4,7	0,591	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	27,0	298,043	421,7627	4000	1341,2	57,0
10	4,8	0,579	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	26,7	298,043	416,2048	4000	1341,2	57,0
10	4,9	0,567	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	26,3	298,043	410,8738	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	26,0	298,043	405,7560	4000	1341,2	57,0
10	5,1	0,545	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	25,7	298,043	400,8389	4000	1341,2	57,0
10	5,2	0,534	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	25,4	298,043	396,1109	4000	1341,2	57,0
10	5,3	0,524	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	25,1	298,043	391,5614	4000	1341,2	57,0
10	5,4	0,514	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	24,8	298,043	387,1803	4000	1341,2	57,0
10	5,5	0,505	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	24,5	298,043	382,9586	4000	1341,2	57,0
10	5,6	0,496	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	24,3	298,043	378,8876	4000	1341,2	57,0
10	5,7	0,487	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	24,0	298,043	374,9595	4000	1341,2	57,0
10	5,8	0,479	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	23,8	298,043	371,1668	4000	1341,2	57,0
10	5,9	0,471	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	23,5	298,043	367,5027	4000	1341,2	57,0
10	6	0,463	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	23,3	298,043	363,9607	4000	1341,2	57,0
10	6,1	0,455	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	23,1	298,043	360,5349	4000	1341,2	57,0
10	6,2	0,448	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	22,9	298,043	357,2195	4000	1341,2	57,0
10	6,3	0,441	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	22,7	298,043	354,0095	4000	1341,2	57,0
10	6,4	0,434	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	22,5	298,043	350,8997	4000	1341,2	57,0
10	6,5	0,427	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	22,3	298,043	347,8856	4000	1341,2	57,0
10	6,6	0,421	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	22,1	298,043	344,9629	4000	1341,2	57,0
10	6,7	0,415	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	21,9	298,043	342,1274	4000	1341,2	57,0
10	6,8	0,408	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	21,7	298,043	339,3753	4000	1341,2	57,0
10	6,9	0,403	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	21,6	298,043	336,7029	4000	1341,2	57,0
10	7	0,397	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	21,4	298,043	334,1069	4000	1341,2	57,0
10	7,1	0,391	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	21,2	298,043	331,5841	4000	1341,2	57,0
10	7,2	0,386	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	21,1	298,043	329,1313	4000	1341,2	57,0
10	7,3	0,381	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	20,9	298,043	326,7457	4000	1341,2	57,0
10	7,4	0,375	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	20,8	298,043	324,4246	4000	1341,2	57,0
10	7,5	0,370	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	20,6	298,043	322,1654	4000	1341,2	57,0
10	7,6	0,365	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	20,5	298,043	319,9657	4000	1341,2	57,0
10	7,7	0,361	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	20,4	298,043	317,8231	4000	1341,2	57,0
10	7,8	0,356	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	20,2	298,043	315,7354	4000	1341,2	57,0
10	7,9	0,352	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	20,1	298,043	313,7006	4000	1341,2	57,0
10	8	0,347	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	20,0	298,043	311,7166	4000	1341,2	57,0
10	8,1	0,343	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	19,9	298,043	309,7817	4000	1341,2	57,0
10	8,2	0,339	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	19,7	298,043	307,8939	4000	1341,2	57,0
10	8,3	0,335	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	19,6	298,043	306,0516	4000	1341,2	57,0
10	8,4	0,331	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	19,5	298,043	304,2532	4000	1341,2	57,0
10	8,5	0,327	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	19,4	298,043	302,4971	4000	1341,2	57,0
10	8,6	0,323	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	19,3	298,043	300,7818	4000	1341,2	57,0
10	8,7	0,319	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	19,2	298,043	299,1060	4000	1341,2	57,0
10	8,8	0,316	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	19,1	298,043	297,4682	4000	1341,2	57,0
10	8,9	0,312	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	19,0	298,043	295,8673	4000	1341,2	57,0



10	9	0,309	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,9	298,043	294,3019	4000	1341,2	57,0
10	9,1	0,305	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,8	298,043	292,7710	4000	1341,2	57,0
10	9,2	0,302	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,7	298,043	291,2733	4000	1341,2	57,0
10	9,3	0,299	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,6	298,043	289,8078	4000	1341,2	57,0
10	9,4	0,296	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,5	298,043	288,3735	4000	1341,2	57,0
10	9,5	0,292	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,4	298,043	286,9694	4000	1341,2	57,0
10	9,6	0,289	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,3	298,043	285,5946	4000	1341,2	57,0
10	9,7	0,286	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,2	298,043	284,2481	4000	1341,2	57,0
10	9,8	0,283	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,1	298,043	282,9291	4000	1341,2	57,0
10	9,9	0,281	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,0	298,043	281,6367	4000	1341,2	57,0
10	10	0,278	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	18,0	298,043	280,3702	4000	1341,2	57,0

## B.4 Taula: Variació temps II/II

Velocitat requerida en funció del temps (km / h)	Temps d'acceleració(s)	Acceleració necessària (m/s <sup>2</sup> ):	Radi motor a roda (m)	Pendent teòrica (%)	Pes del pilot (kg)	Massa total (moto + pilot) (kg)	Velocitat de l'scooter desitjada a màxima potència (km/h)	Parell màx requerit per tot el sistema. (Nm)	Velocitat (ω) a velocitat lineal requerida (rpm)	Potència en el pic màxim i velocitat requerida (W)	pujada del pic màx desitjat (=2*Pn) (W)	Velocitat(ω) a màx potència TEORICA (rpm)	Parell a màx potència a TORIC (Nm)
20	2,1	2,646	0,178	1	75,5	162,5	45	86,5	596,086	2698,2697	4000	1341,2	57,0
20	2,2	2,525	0,178	1	75,5	162,5	45	83,0	596,086	2589,7106	4000	1341,2	57,0
20	2,3	2,415	0,178	1	75,5	162,5	45	79,8	596,086	2490,5914	4000	1341,2	57,0
20	2,4	2,315	0,178	1	75,5	162,5	45	76,9	596,086	2399,7321	4000	1341,2	57,0
20	2,5	2,222	0,178	1	75,5	162,5	45	74,2	596,086	2316,1416	4000	1341,2	57,0
20	2,6	2,137	0,178	1	75,5	162,5	45	71,7	596,086	2238,9811	4000	1341,2	57,0
20	2,7	2,058	0,178	1	75,5	162,5	45	69,4	596,086	2167,5362	4000	1341,2	57,0
20	2,8	1,984	0,178	1	75,5	162,5	45	67,3	596,086	2101,1945	4000	1341,2	57,0
20	2,9	1,916	0,178	1	75,5	162,5	45	65,3	596,086	2039,4281	4000	1341,2	57,0
20	3	1,852	0,178	1	75,5	162,5	45	63,5	596,086	1981,7794	4000	1341,2	57,0
20	3,1	1,792	0,178	1	75,5	162,5	45	61,8	596,086	1927,8501	4000	1341,2	57,0
20	3,2	1,736	0,178	1	75,5	162,5	45	60,1	596,086	1877,2913	4000	1341,2	57,0
20	3,3	1,684	0,178	1	75,5	162,5	45	58,6	596,086	1829,7967	4000	1341,2	57,0
20	3,4	1,634	0,178	1	75,5	162,5	45	57,2	596,086	1785,0958	4000	1341,2	57,0
20	3,5	1,587	0,178	1	75,5	162,5	45	55,8	596,086	1742,9493	4000	1341,2	57,0
20	3,6	1,543	0,178	1	75,5	162,5	45	54,6	596,086	1703,1443	4000	1341,2	57,0
20	3,7	1,502	0,178	1	75,5	162,5	45	53,4	596,086	1665,4909	4000	1341,2	57,0
20	3,8	1,462	0,178	1	75,5	162,5	45	52,2	596,086	1629,8193	4000	1341,2	57,0
20	4	1,389	0,178	1	75,5	162,5	45	50,1	596,086	1563,8268	4000	1341,2	57,0

## B.5 Taula: Variació pendent I/II

Velocitat requerida en funció del temps (km / h)	Temps d'acceleració (s)	Acceleració necessària (m/s <sup>2</sup> ):	Radi motor a roda (m)	Pendent teòrica (%)	Pes del pilot (kg)	Massa total (moto + pilot) (kg)	Velocitat de l'scooter desitjada a màxima potència (km/h)	Parell mín a guanyar a velocitat constant (Nm)	Parell màx requerit per tot el sistema. (Nm)	Velocitat (ω) a velocitat lineal requerida (rpm)	Potència en el pic màxim i velocitat requerida (W)	pujada del pic màx desitjat (=2*Pn) (W)	Velocitat(ω) a màx potència TEORICA (rpm)	Parell a màx potència a TORIC (Nm)
10	5	0,556	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	26,0	298,0	405,756	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	2	75,5	162,5	45	12,8	28,8	596,1	900,074	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	4	75,5	162,5	45	18,4	34,5	1192,2	2154,399	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	5	75,5	162,5	45	21,3	37,4	1490,2	2914,405	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	6	75,5	162,5	45	24,1	40,2	1788,3	3762,973	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	8	75,5	162,5	45	29,8	45,9	2384,3	5725,798	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	10	75,5	162,5	45	35,5	51,5	2980,4	8042,872	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	12	75,5	162,5	45	41,1	57,2	3576,5	10714,197	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	14	75,5	162,5	45	46,8	62,9	4172,6	13739,771	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	16	75,5	162,5	45	52,5	68,6	4768,7	17119,596	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	18	75,5	162,5	45	58,2	74,2	5364,8	20853,670	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	20	75,5	162,5	45	63,8	79,9	5960,9	24941,995	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	22	75,5	162,5	45	69,5	85,6	6556,9	29384,569	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	24	75,5	162,5	45	75,2	91,3	7153,0	34181,394	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	26	75,5	162,5	45	80,9	96,9	7749,1	39332,468	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	28	75,5	162,5	45	86,5	102,6	8345,2	44837,792	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	30	75,5	162,5	45	92,2	108,3	8941,3	50697,367	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	32	75,5	162,5	45	97,9	114,0	9537,4	56911,191	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	34	75,5	162,5	45	103,6	119,6	10133,5	63479,266	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	36	75,5	162,5	45	109,2	125,3	10729,5	70401,590	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	38	75,5	162,5	45	114,9	131,0	11325,6	77678,165	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	40	75,5	162,5	45	120,6	136,7	11921,7	85308,989	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	42	75,5	162,5	45	126,3	142,3	12517,8	93294,064	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	44	75,5	162,5	45	131,9	148,0	13113,9	101633,388	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	46	75,5	162,5	45	137,6	153,7	13710,0	110326,963	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	48	75,5	162,5	45	143,3	159,4	14306,1	119374,787	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	50	75,5	162,5	45	149,0	165,0	14902,1	128776,861	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	52	75,5	162,5	45	154,6	170,7	15498,2	138533,186	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	54	75,5	162,5	45	160,3	176,4	16094,3	148643,760	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	56	75,5	162,5	45	166,0	182,1	16690,4	159108,585	4000	1341,2	57,0
10	5	0,556	0,178	58	75,5	162,5	45	171,7	187,7	17286,5	169927,659	4000	1341,2	57,0



## B.6 Taula: Variació pendent II/II

Velocitat requerida en funció del temps (km / h)	Temps d'acceleració (s)	Acceleració necessària (m/s <sup>2</sup> ):	Radi motor a roda (m)	Pendent teòrica (%)	Pes del pilot (kg)	Massa total (moto + pilot) (kg)	Velocitat de l'scooter desitjada a màxima potència (km/h)	Parell mín a guanyar a velocitat constant (Nm)	Parell màx requerit per tot el sistema. (Nm)	Velocitat (w) a velocitat lineal requerida (rpm)	Potència en el pic màxim i velocitat requerida (W)	pujada del pic màx desitjat (=2*Pn) (W)	Velocitat(w) a màx potència TEORICA (rpm)	Parell a màx potència a TORIC (Nm)
1	10	0,028	0,178	1	75,5	162,5	45	9,9	10,7	29,8	16,752	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	2	75,5	162,5	45	12,8	13,6	59,6	42,361	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	4	75,5	162,5	45	18,4	19,2	119,2	120,147	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	6	75,5	162,5	45	24,1	24,9	178,8	233,358	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	8	75,5	162,5	45	29,8	30,6	238,4	381,993	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	10	75,5	162,5	45	35,5	36,3	298,0	566,054	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	12	75,5	162,5	45	41,1	41,9	357,7	785,540	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	14	75,5	162,5	45	46,8	47,6	417,3	1040,451	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	16	75,5	162,5	45	52,5	53,3	476,9	1330,787	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	18	75,5	162,5	45	58,2	59,0	536,5	1656,548	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	20	75,5	162,5	45	63,8	64,6	596,1	2017,733	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	22	75,5	162,5	45	69,5	70,3	655,7	2414,344	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	24	75,5	162,5	45	75,2	76,0	715,3	2846,380	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	26	75,5	162,5	45	80,9	81,7	774,9	3313,841	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	28	75,5	162,5	45	86,5	87,3	834,5	3816,727	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	30	75,5	162,5	45	92,2	93,0	894,1	4355,038	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	32	75,5	162,5	45	97,9	98,7	953,7	4928,773	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	34	75,5	162,5	45	103,6	104,4	1013,3	5537,934	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	36	75,5	162,5	45	109,2	110,0	1073,0	6182,520	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	38	75,5	162,5	45	114,9	115,7	1132,6	6862,531	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	40	75,5	162,5	45	120,6	121,4	1192,2	7577,967	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	42	75,5	162,5	45	126,3	127,1	1251,8	8328,828	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	44	75,5	162,5	45	131,9	132,7	1311,4	9115,114	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	46	75,5	162,5	45	137,6	138,4	1371,0	9936,824	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	48	75,5	162,5	45	143,3	144,1	1430,6	10793,960	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	50	75,5	162,5	45	149,0	149,8	1490,2	11686,521	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	52	75,5	162,5	45	154,6	155,4	1549,8	12614,507	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	54	75,5	162,5	45	160,3	161,1	1609,4	13577,918	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	56	75,5	162,5	45	166,0	166,8	1669,0	14576,754	4000	1341,2	57,0
1	10	0,028	0,178	58	75,5	162,5	45	171,7	172,5	1728,6	15611,014	4000	1341,2	57,0

## ANNEX C: Plantilla Enquesta

PREGUNTAS

RESPUESTAS

245

### Concepció del vehicle elèctric

Descripción del formulario

...

Quan t'imagines una moto elèctrica, en quina de les següents opcions penses

☐ Opció 1



☐ Opció 2



Compraries un vehicle elèctric (cotxe o moto) avui?

☐ No, el producte és car

☐ Si

☐ No, crec que el producte no està consolidat



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

## ANNEX D: Plantilla de resistència al rodament

AREA DE INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURA DE LOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA



a) Criterio válido sólo para velocidades 100 Km/h.

$$\mu = \mu_0 + k \cdot v^2 \quad (4.3)$$

donde :  $\mu_0$  = coeficiente de rodadura dependiente del firme :

cemento = 0.0125  
 empedrado seco = 0.015  
 asfalto = 0.02 a 0.03  
 natural duro = 0.08  
 natural blando = 0.11  
 arenoso = 0.15 a 0.3

P = peso del vehículo (peso de vacío + carga útil máxima) en Kg

$k = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ (Km/h)}^{-2}$

v = velocidad en Km/h

b) Por la fórmula recomendada por SAE. 
$$\mu = \frac{k_1}{100} \left[ 5.1 + \frac{(5.5 + 9P_R)}{p_n} + \frac{(8.5 + 3P_R)}{p_n} \cdot \left( \frac{v}{100} \right)^2 \right] \quad (4.4)$$

donde :  $k_1$  = coeficiente de constitución del neumático

= 0.8 para neumáticos radiales

= 1.0 para neumáticos diagonales

$P_R$  = peso por rueda (t)

$p_n$  = presión de los neumáticos en atmósferas (Kg/cm<sup>2</sup>)

v = velocidad en Km/h

7

Il·lustració 65: Plantilla de resistència al rodament [XVII]